HAAKE

Rheometer

Betriebsanleitung Rotovisco®RT20, RheoStress® RS75 und RS150

Inhaltsverzeichnis

Diese Anieitung ist ein Teil von mehreren Informationsschriften und Anleitungen, die zusammen die Dokumentation des Rheometers und Viskosimeters darstellen.

1. **Buch "Einführung in Rheologie und Rheometrie"**
   MeBtechnik und Dateninterpretation
   (Erhältlich bei HAAKE unter der Bestell-Nr. 222-1348)

2. **Betriebsanleitung des MeRgerätes**
   Beschreibung der Funktionselemente und MeBbereiche des MeBgerätes

3. **Betriebsanleitung Applikations-Software V3**
   Beschreibung der Installation und der Hauptmenüs

4. **Referenzhandbuch zur Applikations-Software**
   Beschreibung der Funktionen und Untermenüs

Inhaltsverzeichnis

1. ErlSuterung der Symbole 4

1.1 In der Betriebsanleitung verwendete Symbole 4
1.2 Am Gerät verwendete Symbole 4

2. Qualitätssicherung 5

3. Kontakte zu HAAKE 5

4. Sicherheitshinweise und Warnungen 6

5. Hinweis zum CE-Zeichen 8

6. Auspacken / Aufstellen 9

6.1 Transportschäden? 9
6.2 Lieferumfang 9
6.2.1 Standard-Lieferumfang Rheometer... 9
6.2.2 MeBeinrichtungen 9
6.2.3 Standard-Lieferumfang Software V3 .. 10
6.3 Platzbedarf 11
6.4 Umgebungsbedingungen gemäB EN 61010 . 11

7. Installieren 12

7.1 Aufbau MeBgerät 12
7.2 Aufbau Steuergerät 12
7.3 Einbau der Temperiereinheit 13
7.4 Auswechseln der MeBplatte 13
7.5 Verbinden der Geräte 14
7.5.1 PC-Verbindungskabel 14
7.5.2 Schlauchverbindungen 15
7.6 NetzanschluB 16
7.7 Hinweise vor dem Einschalten 16

8. Funktions- und Bedienungselemente 17

8.1 Steuergerät: Front- und Rückseite 17
8.2 MeBgerät 18
8.3 Frontpanel Rotovisco RT20 19
8.4 Frontpanel RheoStress RS75 20
8.5 Frontpanel RheoStress RS150 21
8.6 MeBgerät - Rückseite 22
8.7 Zusammenfassung der Funktionen 23

Inhaltsverzeichnis

9. Betreiben 24

9.1 Einschalten 24
9.2 Software starten 24
9.3 MeGtischbewegung 25

10. MeBeinrichtungen 26

10.1 ZylindermeGeinrichtungen 30
10.1.1 ZylindermeBeinrichtungen Z-DIN 30
1O.1.2Einwegzylinder-Mel3einrichtungen nach DIN 53019/ISO 3219 36
10.1.3Zylinder-MeBeinrichtungen nach DIN 53018 40
10.1.4Zylinder Doppelspalt-MeGeinrichtung DG41 nach DIN 54453 45
10.2 Platte-Kegel und Platte-Platte MeGeinrichtungen 50
10.2.1 Platte-Kegel MeGeinrichtungen 52
10.2.2Platte-Platte MeGeinrichtungen 68
10.2.3Doppelkegel-MeGeinrichtungen 75

11. Pflege / Wartung 78

11.1 Wechsel der Filtereinheit 78
11.2 Reparatur 78

12. Störungen 79

13. Stecker-Belegung 81

14. Technische Spezifikationen 85

1. Erläuterung der Symbole

1.1 In der Betriebsanleitung verwendete Symbole

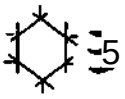
| Warnt vor möglicher Beschädigung des Gerätes, macht auf Verletzungsgefahr aufmerksam oder enthält Sicherheitshinweise und Warnungen.

☞ Wichtige Information

1 Der jeweils nächste Bedienungsschritt, welcher auszuführen ist und ...

⇒ ... was daraufhin am Gerät geschieht.

1.2 Am Gerät verwendete Symbole



AnschluBfürKühlluft

PT100

PT100-AnschluBbuchse für Thermostatsteuerung

PTIOO

PT100-Anschlu6buchse für Temperaturfühlerkabel der Temperiereinheiten.

2. Qualitätssicherung

Sehr geehrter Kunde,
HAAKE arbeitet im Rahmen eines zertifizierten Qualitäts-Management-Systems nach EN 29001 (DIN / ISO 9001). Damit sind die organisatorischen Voraussetzungen geschaffen, da(3 Produkte entsprechend den Erwartungen unserer Kunden entwickelt, hergestellt und betreut werden. Damit unser Q-System funktioniert, wird es durch interne und externe Auditoren ständig überprüft.
Auch unsere Produkte müssen während der Herstellung immer wieder beweisen, da6 sie entsprechend den Vorgaben gefertigt wurden, funktionieren und sicher sind. Deshalb prüfen wir bereits während der Herstellung aussagefähige Merkmale nach und halten die Ergebnisse test.

Die Erfiillung alter Anforderungen zum Zeitpunkt der Fertigstellung bestätigen wir dann mit dem Zeichen ..Final Test" auf dem Produkt.

Bitte teilen Sie es uns mit, wenn Sie trotz unserer Sorgfalt Mängel am Produkt feststellen. Auch diese möchten wir in Zukunft vermeiden.

3. Kontakte zu HAAKE

Bitte wenden Sie sich bei Rückfragen an uns, unsere Partnerfirmen oder an die **für** Sie zuständige Generalvertretung, die Ihnen das Gerät geliefert hat.

Gebr. HAAKE GmbH	**HAAKE (UK)**	**HAAKE Inc. (USA)**
DieselstraRe 4	Sussex Manor Park	53 W. Century Road
D-76227 Karlsruhe	Gatwick Road, Crawley	Paramus, NJ 07652
	Sussex RH10 2QQ	
Tel. 0721 4094 0	Tel. +441293 561 323	Tel. 1 201 265 7865
Fax 0721 4094 300	Fax+44 1293 516 823	Fax 1 201 265 1977

In jedem Fall sollten Sie aber bei alien Rückfragen zum Gerät bitte diese Angaben machen:

Typenbezeichnung an der Frontseite und am Typenschild auf der Rückseite.

4. Sicherheitshinweise und Warnungen

Diese Hinweise geben wir Ihnen, um auf Risiken aufmerksam zu machen, die nur SIE erkennen und vermeiden Oder beherrschen können.

Bei der Entwicklung und Fertigung haben wir hohe Qualitätsansprüche an uns und an das Gerät gestellt. Das Gerät entspricht den einschlägigen Sicherheitsbestimmungen. Die sachgemdBe Handhabung und der richtige Gebrauch liegt aber allein bei Ihnen.
Deshalb diese Hinweise:

- Lesen Sie unbedingt diese Bedienungsanleitung sorgfäitig durch! Sie enthält wichtige Informationen zum AnschluB an das örtliche Stromnetz, zum bestimmungsgemäBen Gebrauch und zur sicheren Handhabung.

- Achten Sie bereits beim Auspacken auf Transportschäden. Zur Schadensregulierung wenden Sie sich zweckmäBigerweise an den Spediteur Oder Lieferer. Versuchen Sie aber auf keinen Fall, einbeschädigtes Gerät in Betrieb zu nehrnen, bevor der Schaden behoben ist, Oder Sie sich iiber die Schadensauswirkung vergewissert haben.

- Sorgen Siedafiir, daB diese Anleitung für jeden Benutzer des Gerätes immer griffbereit ist.

- Benutzen Sie das Gerät ausschlieBlich fiir den vorgesehenen Zweck.

- Lassen Sie Reparaturen, Änderungen oder Eingriffe nur von Fachkräften durchführen. Durch eine unsachgemäBe Reparatur kann erheblicher Schaden entstehen. Für Reparaturen steht Ihnen der HAAKE-Service zur Verfügung.

- Bedienen Sie das Gerät nicht mit feuchten Oder öligen Händen.

- Bespritzen Sie das Gerät nicht mit Wasser.

- Reinigen Sie das Gerät nicht mit Lösungsmittel (Brandgefahr!). Ein feuchtes Tuch, mit haushaltsüblichem Spülmittel getränkt, reicht häufig aus.

- Lassen Sie das Gerät regelmäBig von einer Fachwerkstatt warten.

Stellen Sie sicher, daß das Gerät ausgeschaltet ist, wenn Sie Kabelverbindungen herstellen Oder lösen.
Sie verhindern somit eine elektrostatische Aufladung und die evtl. Anzeige falscher Werte.

Wir wissen nicht, welche Substanz Sie mit diesem Gerät untersuchen werden. Viele Substanzen sind:

- entzündlich, brennbar oder explosiv
- gesundheitsschädlich
- umweltgefährdend

also: gefährlich

Sie allein sind für den Umgang mit diesen Stoffen verantwortlich!

Unser Ratschlag:

- Ziehen Sie im Zweifelsfall einen Sicherheitsbeauftragten zu Rate
- Lesen Sie das "EU-SICHERHEITSDATENBLATT" des Produkt-Herstellers oder Lieferanten
- Informieren Sie sich über die GEFAHRSTOFF-VERORDNUNG
- Beachten Sie die "Richtlinien für Laboratorien" (Richtlinie Nr. 12 der BG. Chemie)

5. Hinweis zum CE-Zeichen

Die Geräte tragen das CE-Zeichen, welches Ihnen die Konformität mit der EU-Richtlinie 89/336/EWG (elektromagnetische Kompatibilität) und den Normen EN 50081 T2 und EN 50082 T2 bestätigt. Dennoch sollte bei der Aufstellung beachtet werden, daB ein Abstand von ca. 1 m zu stbrungsempfindlichen Analysengeräten oder Monitoren eingehalten wird. Bei kurzem Abstand kbnnte sich z.B. ein Flackern des Bildschirms zeigen.

6. Auspacken / Aufstellen

6.1 Transportschäden?

- Zusteller benachrichtigen
  (Spediteur, Bahn, Post, UPS o. ä.),
- Aufnahme eines Schadensprotokolls.

Vor Rücksendung:

- Fachhändler oder Hersteller informieren
  (oftmals können Kleinigkeiten vor Ort erledigt werden).

6.2 Lieferumfang

6.2.1 Standard-Lieferumfang Rheometer

Das Rheometer wird in einer recyclingfähigen Verpackung mit folgenden Teilen geliefert:

000-0724 AnschluBkabel230V
002-6603 Verbindungskabel Rheometer - Steuerbox RS232-Kabel
222-0563 Verbindungskabel Rheometer - PC RS232-Kabel, 25-polig
002-4696 Dosenlibelle
001 -8448 Sechskantschlüsselsatz
002-5214 KofferRS/RT

6.2.2 MeBeinrichtungen

Für das Rheometer sind verschiedene MeBeinrichtungseinheiten erhältlich, die sich auch in der Art der Temperierung unterscheiden:

ZylindermeBeinrichtungen

222-0615 Temperiereinheit für Zylinder 0 40 mit Flüssigkeitstemperierung bis 200°C
222-0628 Temperiereinheit für Zylinder 0 10/20 mit Flüssigkeitstemperierung bis 200°C

Zu den Temperiereinheiten gibt es verschiedene Mel3-kbrper 0 40, 20,10 und den entsprechenden MeBbecher.

Platte-Kegel MeReinrichtungen

222-0609 Temperiereinheit für Platte-Kegel und Platte-Platte mit Flüssigkeitstemperierung bis 350°C
222-1228 Elektrische Temperiereinheit von -150/500°C mit Zubehör und TC-Temperatursteuerung

Zu diesen Temperiereinheiten gibt es verschiedene Kegel und Platten sowie die entsprechenden MeBplatten. Für Messungen bei Temperaturen über ca. 60°C empfiehlt es sich, die MeBkbrper mit Keramik-Schaft einzusetzen, da hierbei die Wärmeableitung minimiert wird.

Zubehör zu den Temperiereinheiten

Die Temperiereinheiten für Flüssigkeitstemperierung kbnnen mit unterschiedlichen Temperierschläuchen betrieben werden:

Temperaturen bis 150°C:

222-0610 1 Satz Viton-Schläuche (2) mit SchnellverschluB bis150°C

Temperaturen bis 350°C:

333-0294 Metallschläuche mit Isolation 150 cm lang (2 werden benbtigt)
002-3424 Adapter M14x1 (2 werden benbtigt)

Zur PC-Steuerung des Thermostaten wird benbtigt:
222-1320 RS232-Kabel von Rheometer zu Thermostat.

Zur Minimierung von Lbsemittelverlusten und Temperaturableitung stehen weitere Optionen bereit:

222-0608 Proben-Abdeckung aus doppelwandigem Glas, verspiegelt mit Sichtfenster
222-0607 Lösemittelfalle aus Glas mit SchutzgasAnschluB und Aufsteckring aus Metall
222-1313 Elektrische Kegelheizung

6.2.3 Standard-Lieferumfang Software V3

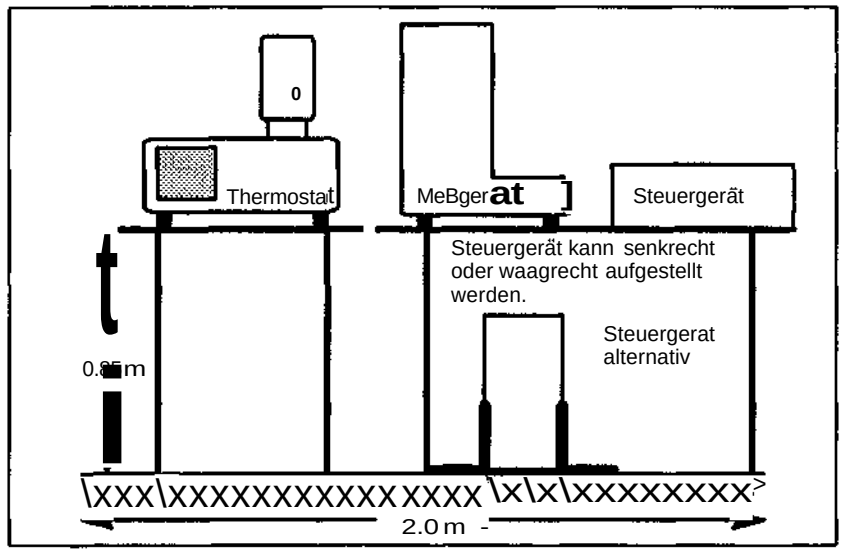
RT20:
095-1640 Software Monitor
095-1040 Software Drehzahlvorgabe (CR)
095-1940 Software Job Stream

RS75:
095-1640 Software Monitor
095-1040 Software Drehzahlvorgabe (CR)
095-1540 Software Drehmomentvorgabe (CS)
095-1940 Software Job Stream

RS150:
095-1640 Software Monitor
095-1040 Software Drehzahlvorgabe (CR)
095-1540 Software Drehmomentvorgabe (CS)
095-1140 Software Oszillation (OSC)
095-1940 Software Job Stream

6.3 Platzbedarf

Als Arbeitsplatz für eine funktionsbereite Geräteanordnung wird eine Fläche von 2 m x 0,6 m auf einem Labortisch mit planer, fester und möglichst abwaschbarer Oberfläche benötigt. Der Thermostat zur Temperierung des MeBsystems (Standard-Ausführung mit Flüssigkeits-Temperierung) sollte auf einem separaten Tisch stehen, um eine Übertragung von Vibrationen auf das MeBsystem zu vermeiden.



6.4 Umgebungsbedingungen gemäß EN 61010

Es wird empfohlen, das MeBgerät in einem klimatisierten Raum zu installieren (T = ca. 23°C):

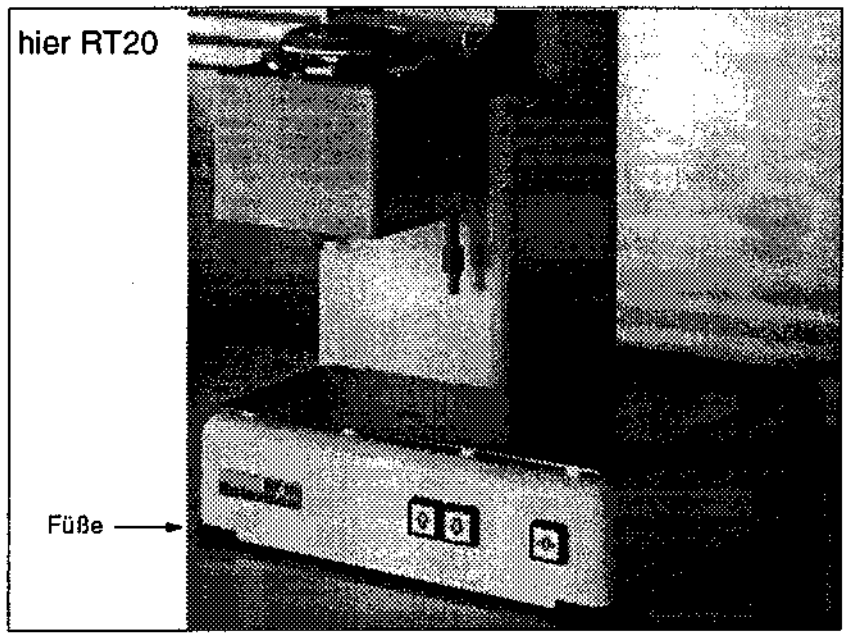
- Innenräume, max. 2000 m NN,
- Umgebungstemperatur 15 ... 40° C,
- Relative Feuchte max. 80%/31 °C (-> 50%/40°C)
- Überspannungskategorie ll.Verschmutzungsgrad 2

7. Installieren

7.1 Aufbau MeBgerät

Das MeBgerät wird aus der Verpackung genommen und auf einen stabilen, ebenen Tisch gestellt. Fürempfindliche Messungen ist ein Wägetisch empfehlenswert.

Am Boden des MeBgerätes sind die StativfüBe, die heraus- oder hineingedreht werden, urn das Gerät zu nivellieren.



Nach der visuellen "Grobjustierung" kann die Feinjustierung mit der beiliegenden Libelle durchgeführt werden.

[Q Die Libelle wird auf den Me Btisch mit eingelegter Platte (MP60/35/20) aufgelegt.

DE Die FüBe des Stativs so verstellen, daB die Luftblase sich in der Mitte des Kreises der Libelle befindet.

Die Justierung 1 x wöchentlich überprüfen, in jedem Fall aber, wenn die Temperiereinheit gewechselt wurde.

7.2 Aufbau Steuergerät

Auf die Steuereinheit sollte kein empfindliches MeB- oder Anzeigegerät gestellt werden (z.B. Bildschirm). Urn die Steuereinheit sicher unter oder neben den Tisch auf den Boden zu stellen, empfiehlt es sich, Bodenstützen von Computern (Tower!) zu verwenden.

7.3 Einbau der Temperiereinheit

Q] Der MeBtisch kann in der untersten Position nach rechts ausgeklappt werden. Damit wird der Wechsel von Temperiereinheiten im MeBtisch und der Austausch von längeren MeBkegeln und MeBplatten der Hochtemperatur-MeBeinrichtungen erleichtert.

[U Auf der Unterseite des MeBtisches befindet sich eine gesicherte Inbus-Schraube, mit deren Hilfe eine Temperiereinheit axial befestigt werden kann.

GE] Die Temperiereinheit wird auf der Auflagefläche des MeBtisches durch zwei PaBstifte unterschiedlichen Durchmessers verdrehsicher positioniert. Die Temperiereinheit muB unverkantet und ohne Gewaltanwendung in diese PaBstifte eingeführt werden und danach satt auf den drei bearbeiteten Auflageflächen des MeBtisches aufliegen. AnschlieBend erfolgt das Befestigen mit der Inbus-Schraube (handfest).

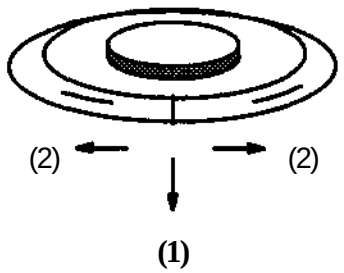
GO Die MeBbecher werden über den Klemmring 0 48 mm (Best. Nr.: 002-4937 und 0 28 mm (Best. Nr.: 002-4936) durch leichtes Drehen gehalten.

U] Urn eine Temperiereinheit aus dem MeBtisch nach oben herausnehmen zu können, muB die Inbus-Schraube gelöst werden.

Temperaturbereiche bei Flüssigkeitstemperierung:

Temperaturbereich bis 100°C:
Temperierflüssigkeit im Temperaturbereich zwischen -50°C und 30°C: Wasser mit Anti-Gefriermittel.
Temperaturbereich 5°C bis 90°C: destilliertes Wasser.

Temperaturbereich von 100°C bis 200°C:
Als Temperierflüssigkeit werden Silikonöle Oder andere geeignete Flüssigkeiten eingesetzt.



Platte mit senkrechter Markieaing nach vorn aufsetzen, gegen Federdruck nach unten bewegen (1) und im Uhrzeigersinn verdrehen. (2) Waagrechter Strich zeigt nun nach vorn. Platte ist richtig eingesetzt und fixiert.
Auch ein Verdrehen gegen den Uhrzeigersinn gewährleistet richtigen Sitz der Platte.

7.4 Auswechseln der MeBplatte

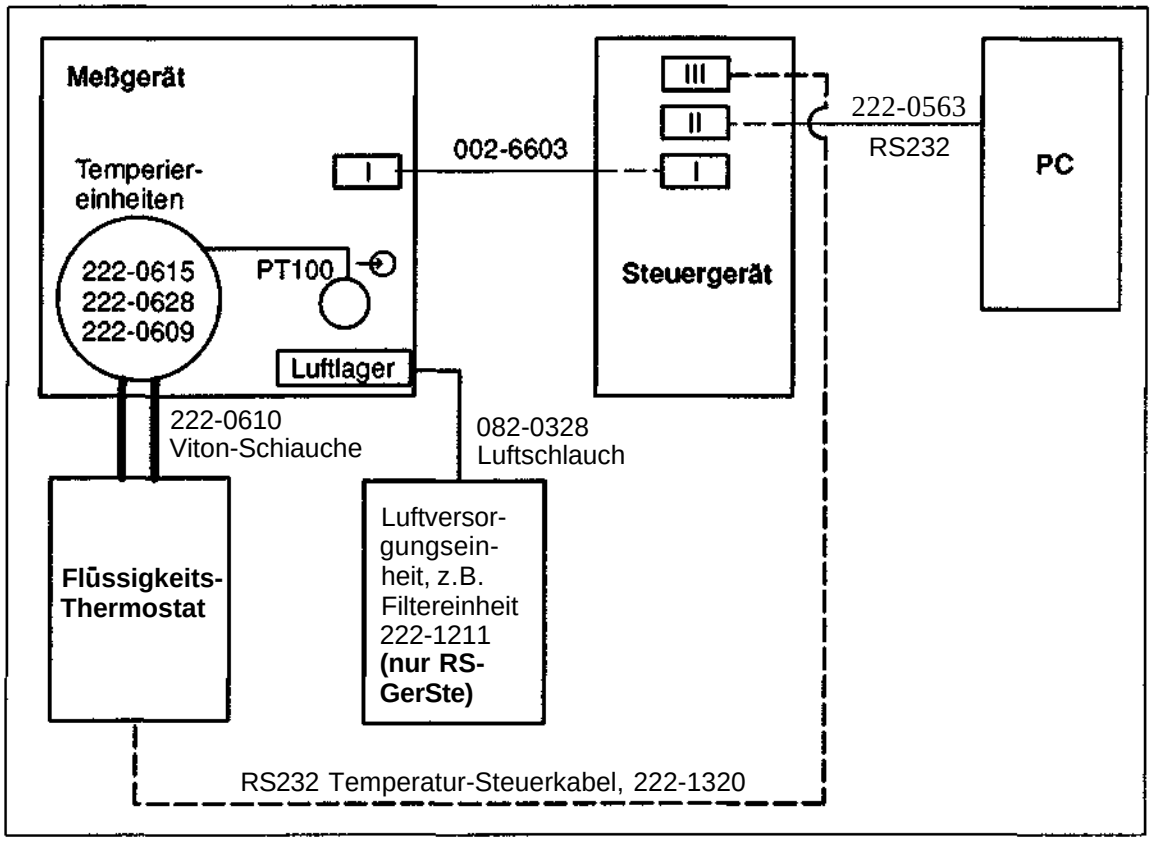
Die MeBplatte dient zur Aufnahme der MeBsubstanzen. Über einen BajonettverschluB lassen sich die Platten sehr schnell und einfach auswechseln. Es gibt drei Positionen der Platten beim Einbau.

[D Die Platte wird hierzu axial gegen den Federdruck des Temperaturfühlers nach unten gedrückt und verdreht. Eine Verdrehung der Platte urn ca. 60° nach links Oder rechts gewährleistet den richtigen Sitz.

7.5 Verbinden der Geräte

! Stellen Sie sicher, daft das Gerät ausgeschaltet ist, wenn Sie die Kabelverbindungen herstellen.

Es sind die Kabelverbindungen zwischen MeBgerät, Steuergerät, PC und Drucker herzustellen. Die Anschlüsse werden in Kapitel 8. ausführlich beschrieben.



7.5.1 PC-Verbindungskabel

RS232C-Kabel zwischen PC und Steuergerät (Nr. 222-0563)

PC (9-polig)		PC (25-polig)		Steuergerat (RS232C) (25-polig)
1 GND	———	1 GND	———	1 GND
3TxD	———	2TxD	———	2RxD
2RxD	———	3RxD	———	3TxD
7RTS	———	4RTS	———	4CTS
8CTS	———	5CTS	———	5RTS
5GND	———	7 GND	———	7 GND

☞ Einige PC (IBM AT, Compaq) sind mit einer 9-poligen RS232C-Buchse ausgestattet. In diesem Fall muB entweder die Verdrahtung des Kabels verändert oder der Adapter (Bestell-Nr. 222-1322) verwendet werden.

7.5.2 Schlauchverbindungen

Das MeGgerät und die Temperiereinheit benötigen Kühlung, abhängig von der Auslastung und den Temperaturen bei der Messung.

Rotovisco RT20:

- Bei extremer Auslastung (hohes Drehmoment, hohe Betriebstemperaturen von ca. 200-500°C) wird Kühlluft für den Motor benötigt.
  Hierzu dient der Druckluft-AnschluG **27** an der Rückwand des MeGgerätes.

- Für Messungen bei Temperaturen von ca. 200-500°C wird Kühlung für den MeGtisch benötigt.
  Hierzu dient der Druckluft-AnschluG 14 an der Unterseite des MeGtisches **12**
  (Druckluft mit ca. 0,5 bar und ca. 30 dm^3/Minute).

RheoStress RS75 und RS150:

- Grundsätzlich erforderlich ist bei RS75/RS150 die Luftversorgung des Luftlagers.
  Hierzu reine Druckluft am Stutzen **27** an der Rückwand des MeGgerätes anschlieGen.
  Die Motorkühlung erfolgt bei den RS-Geräten überdie Abluft des Luftlagers.

  Die Luftversorgung mul3 folgende Bedingungen erfüllen:
  - Reine Druckluft mit max. 4 bar,
  - Verbrauch ca. 10 dm^3/Minute,
  - kein synthetisches Öl in der Leitung,
  - max. Olgehalt -» 3 mg/m^3 Luft,
  - trockene Luft mit Restfeuchte <40%.

  Verwenden Sie die Filtereinheit (Bestell-Nr. 222-1211).

- Für Messungen bei Temperaturen von ca. 200- 500°C wird Kühlung für den MeGtisch benötigt.
  Hierzu dient der Druckluft-AnschluG 14 an der Unterseite des MeGtisches **12.**
  (Druckluft mit ca. 0,5 bar und ca. 30 dm^3/Minute).

Temperiereinheiten:

- Die Temperiereinheit für Flüssigkeitstemperierung wird mit Schläuchen an einen Flüssigkeitsthermostaten angeschlossen.
  Temperaturbereich bis 100°C:
  Viton-Schläuche (222-0610)
  Temperaturbereich von 100 bis 200°C:
  Metallschläuche (333-0294; je 150 cm) mit den Adaptem (002-3424)

- Die elektrische beheizte Temperiereinheit benötigt Druckluft, wenn schnell von MeB- auf Raumtemperatur abgekühlt werden soil. Hierzu dient der Druckluft-AnschluB an der Unterseite der Temperiereinheit.

7.6 NetzanschluB

J Vor dem AnschluB an die Spannungsversorgung mu(3 auf die richtige Netzspannung geachtet werden. Bitte vergleichen Sie die vorhandene Netzversorgung mit den Angaben auf den Typenschiidern des Meftgerätes und der Steuereinheit.

Es wird empfohlen, die Verteilung der Geräte auf verschiedene, voneinander getrennte Stromkreise vorzunehmen, urn eine wechselseitige Beeinflussung auzuschlieBen.

7.7 Hinweise vor dem Einschaiten

Das Rheometer mi(3t die Auslenkung unter Drehmomenteinwirkung auf eine Substanz und deren Rückverformung, wenn die Kraft weggenommen wird. Dabei hat die Lage der MeBeinrichtungeinenstarken EinfluBaufdasMeGergebnis, weshalb eine sorgfältige Nivellierung erforderlich ist. Eswird empfohlen, die MeBplatte Oder eine andere Stelle nahe der MeBfläche auszuwählen und darauf die mitgelieferte Libelle aufzulegen. Mit den höhenverstellbaren FüBen kann das Niveau justiert werden.

Das Luftlager bei RS-GerSten reagiert äuBerst empfindlich auf Verschmutzungen, wie Partikel (Staub) Oder Flüssigkeiten (Ö1, Wasser, das bei hoher Luftfeuchtigkeit kondensiert). Deshalb ist es sehr empfehlenswert, neue Druckluflkompressoren für eine längere Zeit (0,5 Std.) laufen zu lassen, **ohne** die Leitung anzuschlieBen. Bei hausinternen Versorgungsanlagen könnte sich in der Nähe der AnschluBstelle verschmutzte Luft angesammelt haben, wenn die Versorgungsleitung längere Zeit nicht benutzt worden ist. Wir empfehlen auch hier, die Leitung für ca. 0,5 Std. zu spülen.

Der Versorgungsluftdruck des Luftlagers (bei RS-Geräten) bestimmt auch die Eigenschaften des Gerätes:

Hoher Luftdruck mit max. 4 bar

-> hohe Stabilität für hochviskose Produkte, aber höhere Eigenreibung des Luftlagers.

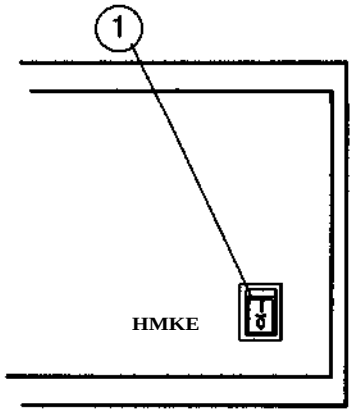
Empfohlener Betriebsdruck mit 2,5 bar (Nenndruck)

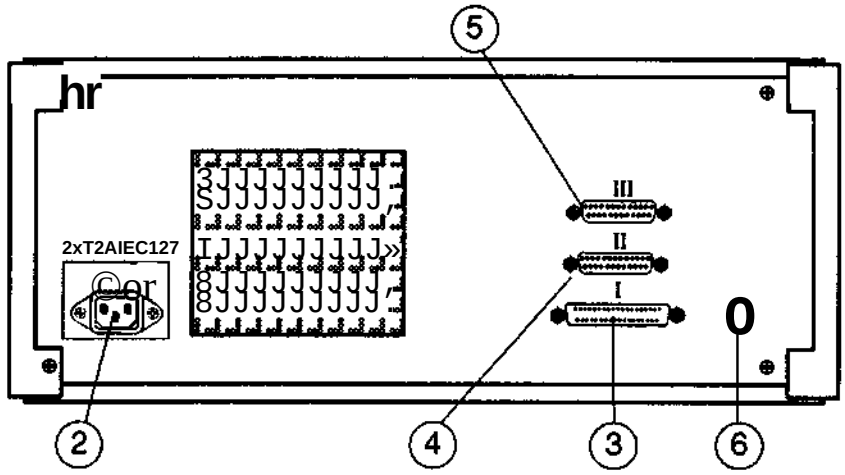
-> ausreichende Stabilität für Messungen im angegebenen Bereich.

☞ Ein geringerer Luftdruck als 2,5 bar hat eine reduzierte Tragfähigkeit des Luftlagers und die Gefahr einer Auslenkung durch Normalkräfte zur Folge.

8. Funktions- und Bedienungselemente

8.1 Steuergerat: Front- und Rückseite





1 Netzschalter

2 NetzanschluG mit eingebauten Sicherungen (2xT2A/230VIEC 127)

3 (I) - Verbindung zum MeGgerät

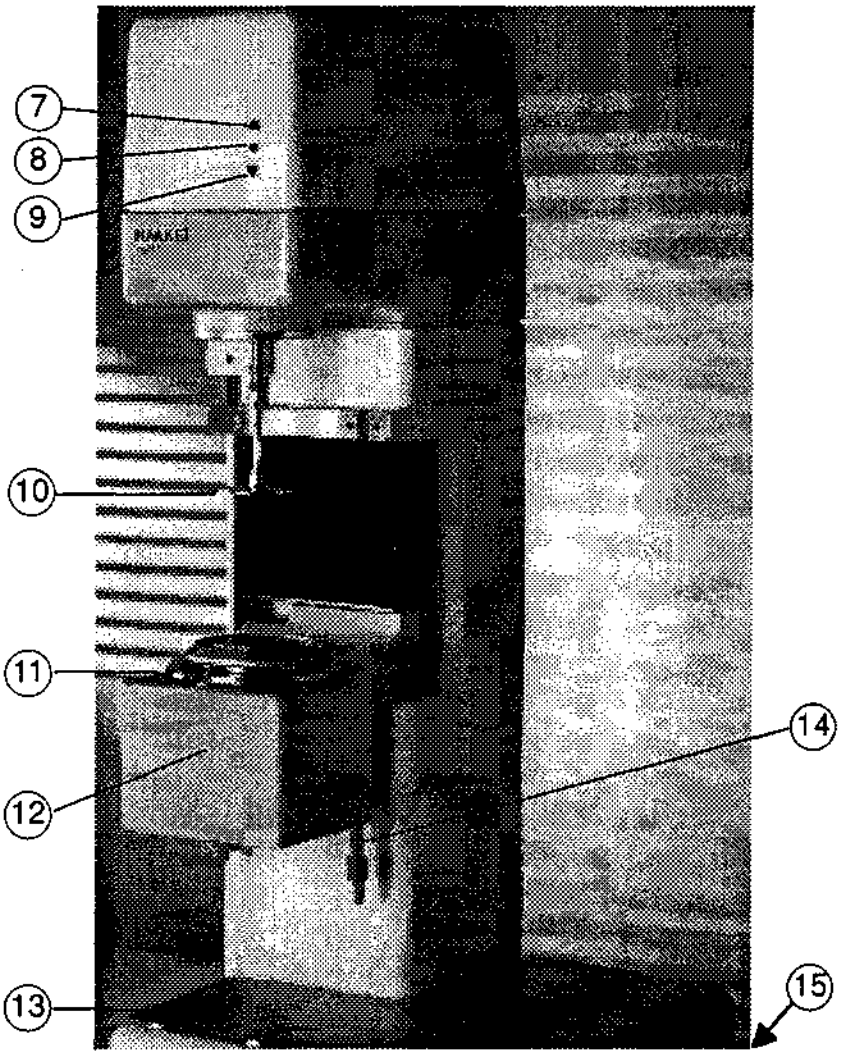
4 (II) - Schnittstellenverbindung RS232 zum Computer mit Kabel Best. Nr.: 222-0563

5 (III) - zusätzliche Schnittstellenverbindung RS232 für ein Zusatzgerät (z.B. Hochtemperatursteuergerät TC)

6 Taster für Firmware-Loader

I Taster 6 darf nur zum Nachladen einer neuen Betriebssoftware für das Steuergerät betStigt werden (siehe separate Anleitung).

8.2 MeBgerät



7 Rote Sicherheitsanzeige: Die MeBwelle ist ausgelenkt.

8 Griine Anzeige: Das MeBsystem ist betriebsbereit.

9 Rote Sicherheitsanzeige: Die MeBwelle ist ausgelenkt.

10 MeBkb'rper mit Schaft und Schnellkupplung.

11 MeBplatte (zur Aufnahme der MeBsubstanzen).

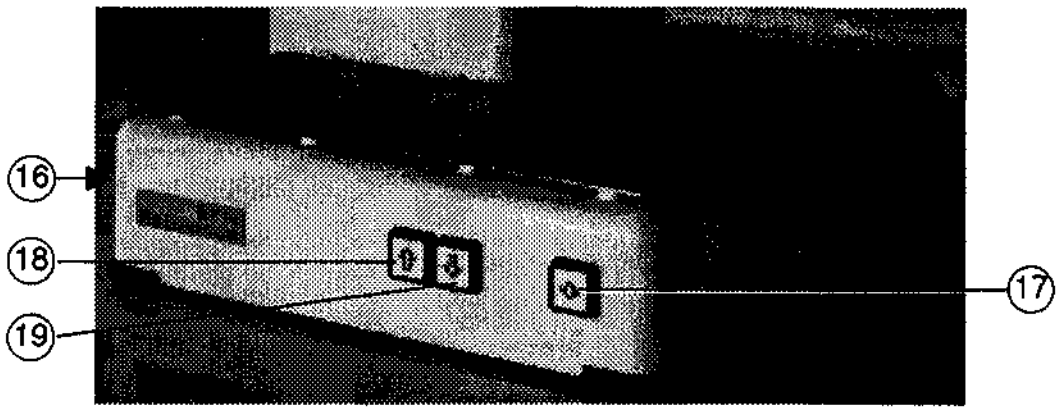
12 MeBtisch (zum Einbau diverser Temperiereinheiten).

13 Abdeckplatte (für Reinigungszwecke abnehmbar).

14 SchlauchanschluBstutzen (Luft-oder Wasserkühlung)

15 StativfüBe für Höheneinstellung

8.3 Frontpanel Rotovisco RT20



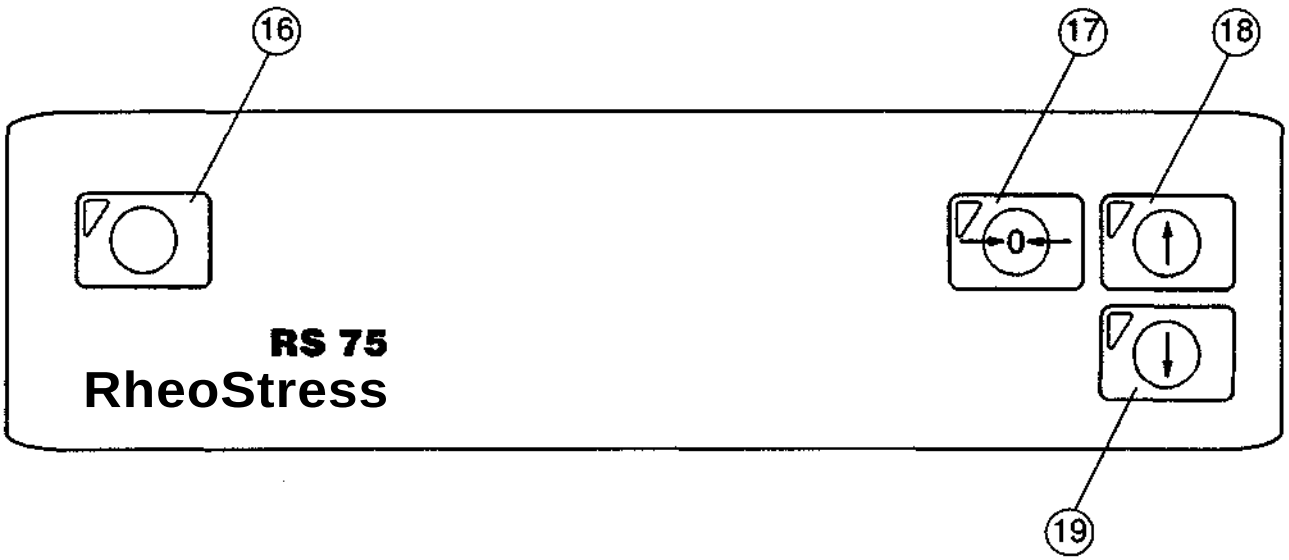
16 Sicherheitstaste (linke Seite des MeBgerätes): Zweihandbedienung zur Vermeidung von Verletzungen.

17 Nullpunkttaste:
Mit dieser Taste kann die eingebaute Abstandsmessung auf 0,000 mm zurückgesetzt werden.

18 Taste zum Hochfahren des MeBtisches.

19 Taste zum Absenken des MeBtisches:
Der MeGtisch bewegt sich nach unten und stoppt ca. 2,5 cm oberhalb der Endposition. Er kann dann durch gleichzeitiges Drücken der Tasten 16 und 19 in die Endposition gefahren und ausgeschwenkt werden.

8.4 Frontpanel RheoStress RS75



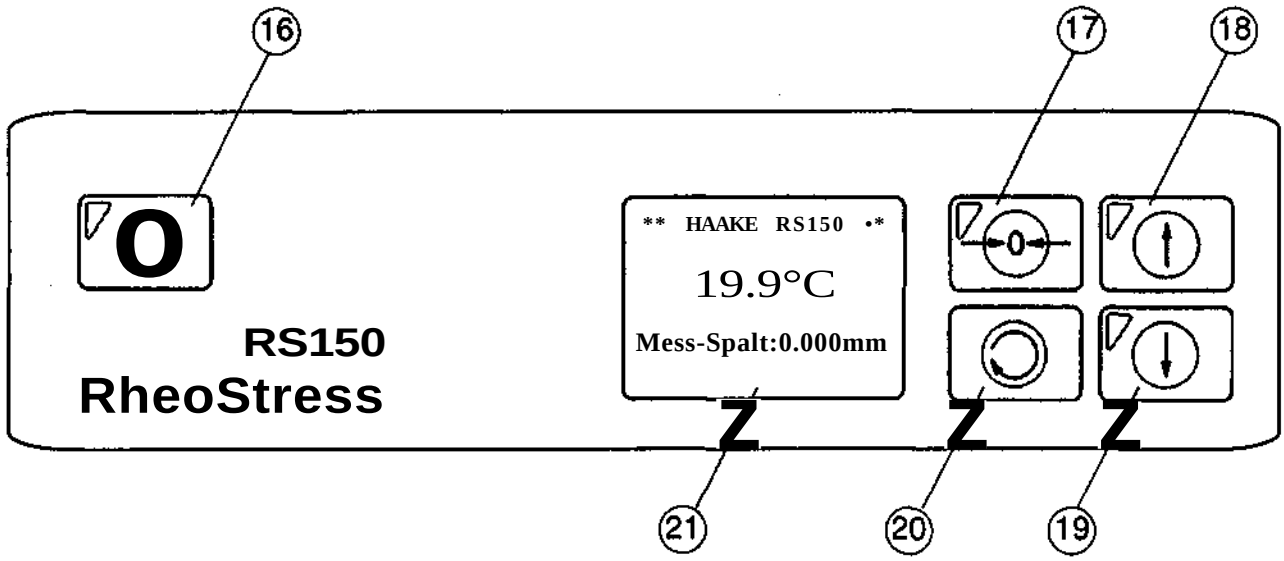
16 Sicherheitstaste: Zweihandbedienung zur Vermeidung von Verletzungen.

17 Nullpunkttaste:
Mit dieser Taste kann die eingebaute Abstandsmessung auf 0,000 mm zurückgesetzt werden.

18 Taste zum Hochfahren des MeBtisches.

19 Taste zum Absenken des MeBtisches:
Der MeBtisch bewegt sich nach unten und stoppt ca. 2,5 cm oberhalb der Endposition. Er kann dann durch gleichzeitiges Drücken der Tasten 16 und 19 in die Endposition gefahren und ausgeschwenkt werden.

8.5 Frontpanel RheoStress RS150



16 Sicherheitstaste: Zweihandbedienung zur Vermeidung von Verletzungen.

17 Nullpunkttaste:
Mit dieser Taste kann die eingebaute Abstandsmessung auf 0,000 mm zurückgesetzt werden.

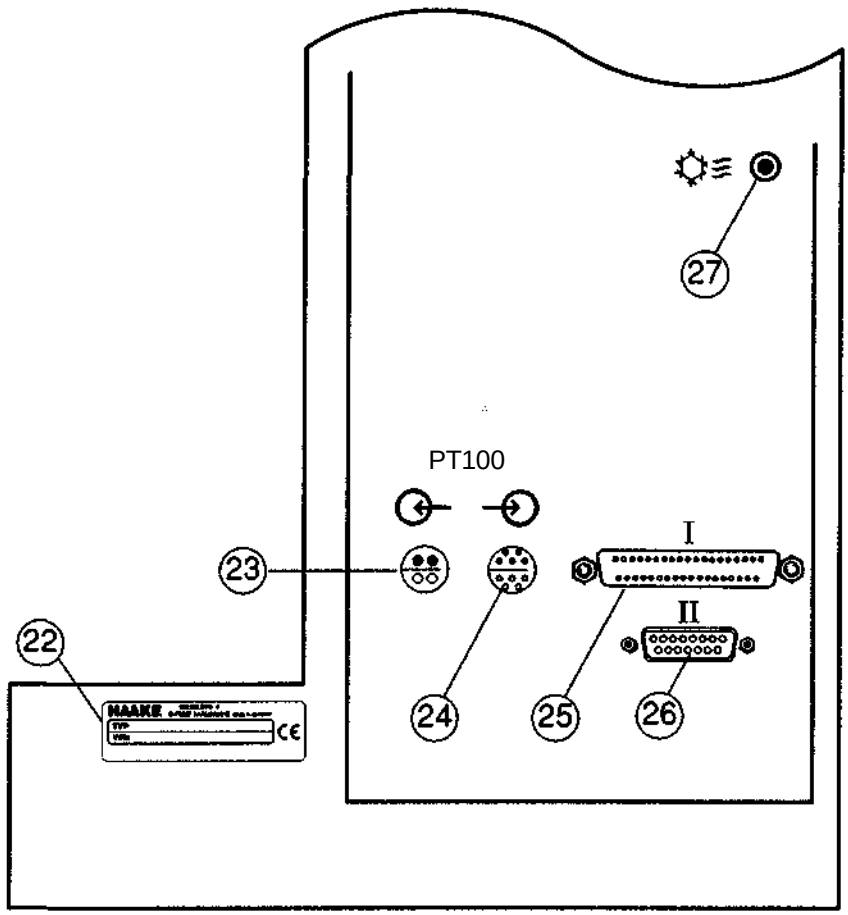
18 Taste zum Hochfahren des MeGtisches.

19 Taste zum Absenken des MeGtisches:
Der MeGtisch bewegt sich nach unten und stoppt ca. 2,5 cm oberhalb der Endposition. Er kann dann durch gleichzeitiges Drücken der Tasten 16 und 19 in die Endposition gefahren und ausgeschwenkt werden.

20 Menü-Taste.

21 LCD-Display:
Anzeige der Temperatur am Fühler im MeGtisch und der MeGspalteinsteilung.

8.6 MefBgerät - Rückseite



22 Typenschild

23 PT100-Ausgang für Thermostatsteuerung:
Mit dem Kabel Bestell-Nr. 222-1385 kann die Extern-Regelung der HAAKE F- oder N-Thermostate genutzt werden.

24 AnschluBbuchse für PT100-Temperaturfühler-Kabel der Temperiereinheiten.

25 (I) - Verbindung zum Steuergerät

26 (II) - Digitale Schnittstelle zur Steuerung von Zusatzgeräten.

27 Kühlluft-AnschluB:
bei **RT20** nur bei hoher Auslastung erforderlich,
bei **RS75/150** immer, zur Versorgung des Luftlagers.

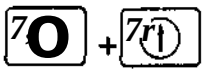
8.7 Zusammenfassung der Funktionen

Tastenbetatigung:

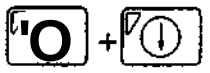
MeBuhr zurücksetzen

Lift hochfahren

Lift herunterfahren



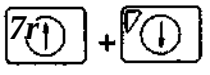
Lift langsam hochfahren



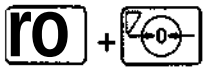
Wenn Lift oberhalb des Sicherheitsbereiches ist:
Lift langsam herunterfahren.
Wenn Lift im Sicherheitsbereich ist:

Lift herunterfahren (Freigeben einer Taste = STOP).

Lift anhalten



Lift anhalten



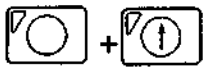
Liftabschalteinrichtung kalibrieren

Lampenanzeigen:

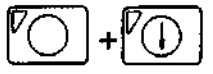
leuchtet: MeBuhr wird zurückgesetzt

leuchtet: Lift fährt aufwärts

leuchtet: Lift fährt abwärts



leuchten: Lift fährt langsam aufwärts



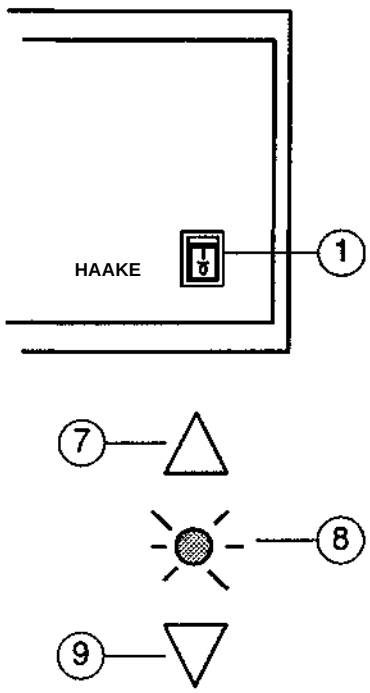
leuchten: Lift fährt langsam abwärts oder
Lift fährt abwärts im Sicherheitsbereich

blinkt langsam: Positionsregelung ist eingeschaltet.
Lift bewegt sich nicht.
blinkt schnell: Positionsregelung ist eingeschaltet.
Der Lift bewegt sich (18 bzw. 19 zeigt Richtung an).

A *leuchtet rot:* Lager ist nach oben ausgelenkt

o *leuchtet grün:* Lager ist nicht ausgelenkt

V *leuchtet rot:* Lager ist nach unten ausgelenkt



9. Betreiben

9.1 Einschalten

[Q Wenn alle Verbindungen hergestellt und die Versorgungsleitungen aktiv sind, wird das MeBsystem an Netzschalter 1 der Steuereinheit eingeschaltet:

=> Die grüne Anzeige 8 am MeBkopf des Rheometers signalisiert die Betriebsbereitschaft.

Leuchten oder blinken jedoch die roten Pfeile 7 und 9, lesen Sie bitte Kapitel 12.

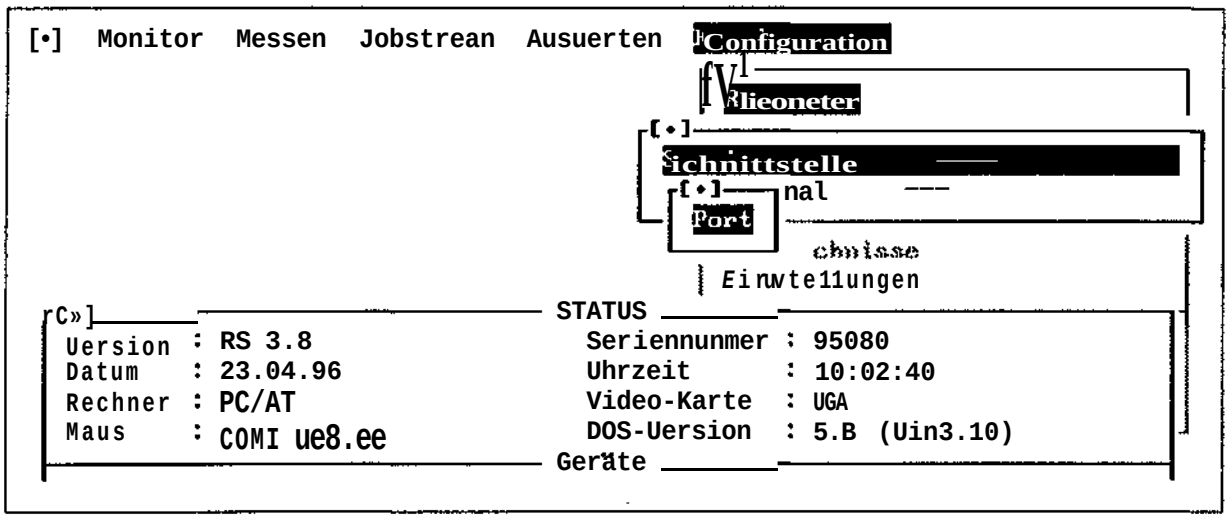
9.2 Software starten

H PC einschalten und MS Windows laden.

{H Im Windows Programm-Manager doppelklicken Sie auf die HAAKE Software-lkone.

=> Die Monitor-Software wird jetzt gestartet.

H] Im Menüpunkt "Konfiguration" geben Sie die verwendeten Schnittstellen ein (F2 = Status).



4 Unter "Monitor -> Diagnose" werden die angeschlossenen Geräte diagnostiziert und auf korrekte Verbindung geprüft.
Bei Fehlermeldung Kabelverbindungen und korrekte Einstellung der Schnittstellenkonfiguration priifen.

☞ Die ausführliche Bedienung entnehmen Sie bitte der Betriebsanleitung Ihrer Software.

9.3 MeGtischbewegung

MeBtisch hochfahren

Zum Hochfahren des MeBtisches dient Taste 18:
Der MeGtisch bewegt sich so lange nach oben, bis sich MeGkörper und MeGplatte berühren. Werden die Tasten 16 und 18 zusammen betätigt, bewegt sich der Lift ab der mittleren Endschalterposition im Langsamgang nach oben.

MefMisch absenken

Zum Absenken des MeBtisches dient Taste 19:
Der MeGtisch bewegt sich nach unten und stoppt ca. 2,5 cm oberhalb der Endposition. Werden die Tasten 16 und 19 zusammen betätigt, bewegt sich der Lift ab der mittleren Endschalterposition im Langsamgang nach unten.
Befindet sich der Lift im Sicherheitsbereich, kann er durch gleichzeitiges Drücken der Tasten 16 und 19 in die Endposition abgesenkt und ausgeschwenkt werden.
Das Freigeben einer der Tasten stoppt den Lift.

☞ Mit dieser **Sicherheitsvorkehrung** soil das denkbare Risiko ausgeschaltet werden, dal3 eine Hand des Bedienenden beim automatischen Herunterfahren des MeGtisches eingeklemmt wird.

☞ Müssen nach Beendigung einer Messung mit MeBbecher/Drehkörper, Platte/Kegel Oder Platte/Platte die Innen- und AuGenteile von einander getrennt werden, urn die MeGeinrichtung zu reinigen, so kann es vorkommen, daG durch die von der Priifsubstanz abhängigen Adhäsion zwischen z.B. Kegel und Platte so groG ist, daG eine für das Luftlager unzulässig groGe axiale Trennkraft vom Lift aufgebracht werden müBte. Zum Schutz des Luftlagers läGt sich dann der Lift des MeGtisches nicht nach unten bewegen.
Das Ansprechen der Sicherheitsanzeige schaltet die Gerätefunktionen *AutoGap* und *ThermoGap* ab!

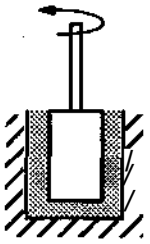
In diesem Fall müssen die MeGplatte (MeGbecher) und danach der Rotor (Platte Oder Kegel) gelöst werden, urn die MeGplatte zusammen mit dem gelösten Rotor "kräftefrei" mit dem Lift nach unten fahren zu können. Der MeGkegel bzw. die obere Platte lassen sich dann von Hand seitlich verschieben und damit von der unteren MeGplatte trennen.

MelMischbewegung anhalten

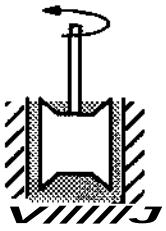
Werden die Tasten 18 und 19 gleichzeitig gedrückt, wird die Liftbewegung gestoppt.

f Durch Drücken der Taste 17 kann der Lift aufterhalb des Sicherheitsbereiches jederzeit gestoppt werden!

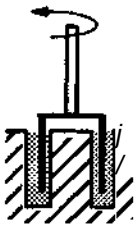
Tauchscheibe
ISO 2555



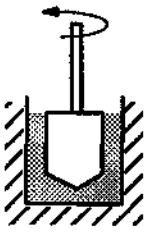
Tauchzylinder
ISO 2555



koaxialer Zylinder
DIN 53018



koaxialer Zylinder
DIN 54453



koaxialer Zylinder
DIN 53019

Platte-Kegel

Platte-Platte

10. MeBeinrichtungen

MeBeinrichtungen sind das Herzstück eines Rheometers und bestimmen die Qualität der Ergebnisse.

In der Literatur werden viele verschiedene MeBeinrichtungen erwähnt, die wie folgt klassifiziert werden können:

ZylindermeBeinrichtungen

- Tauchscheibe ISO 2555
- Tauchzylinder ISO 2555
- koaxiale Zylinder nach DIN 53018
- koaxiale Zylinder nach DIN 54453
- koaxiale Zylinder nach DIN 53019/ISO 3219

Platte - Kegel und Platte - Platte MeBeinrichtungen

- Platte - Kegel mit verschiedenen Öffnungswinkeln und Radien
- Platte - Platte mit verschiedenen Radien und Spaltweiten

Von diesen vielen verschiedenen Möglichkeiten liefert HAAKE folgende Systeme:

- Zylindersysteme nach DIN 53019/ISO 3219
- Zylindersysteme nach DIN 54453
- Zylindersysteme nach DIN 53018
- Platte - Kegel System
- Platte - Platte System
- Flügeldrehkörper für Sondermessungen
- Optisch transparente MeBeinrichtungen (Zylinder, Platte-Kegel und Platte-Platte)

Diese MeBeinrichtungen decken einen GroBteil der gewünschten Anwendungsfälle ab, wobei SondermeBeinrichtungen für bestimmte Applikationen in Zusammenarbeit mit Kunden erarbeitet und gebaut werden können.

KenngröBen

Die Viskosität einer Flüssigkeit wird **iiber** die Newton'sche Bestimmungsgleichung der Viskosität erfaGt:

$$\text{Viskosität } \eta = \frac{\text{Schubspannung } \tau}{\text{Geschwindigkeitsgefälle } \dot{\gamma}}$$

bei definierten Umgebungsbedingungen von MeGzeit, Temperatur und Druck.

Bei Rheometern, die nach dem **CR-Prinzip** (Controlled Rate) arbeiten, wird eine Drehzahl (Winkelgeschwindigkeit]~vorgegeben, die in der mit Substanz gefüllten MeGeinrichtung ein Geschwindigkeitsgefälle hervorruft. Das benötigte Drehmoment, um das gewünschte Geschwindigkeitsgefälle zu erreichen und zu halten, ist die viskositätsproportionale MeGgröGe.

Rheometer nach dem **CS-Prinzip** (Controlled Stress) sind nach dem umgekehrten Prinzip gebaut. Hierwifd ein Drehmoment (Schubspannung) vorgegeben, und die resultierende Bewegung (Deformation) bzw. resultierende Winkelgeschwindigkeit (Geschwindigkeitsgefälle) gemessen.
Damit sind aber auch Berechnungsgleichungen definiert:

Die Schubspannung x ist proportional dem Drehmoment 'Md' und einem charakteristischen Geometriefaktor, der bei HAAKE mit 'A' (Schubfaktor) bezeichnet wird.

$$x = Md \bullet A$$

Je höher das Drehmoment, desto gr63er ist die Schubspannung. GroGe Werte von 'A' bedeuten kleine MeGkörper.

Das Geschwindigkeitsgefälle $\dot{y}$ ist proportional der Drehbewegung (Winkelgeschwindigkeit) und proportional dem Geometriefaktor 'M':

$$\dot{Y} = Q \bullet M$$

Je höher die Winkelgeschwindigkeit *Q,* desto höher ist auch das Geschwindigkeitsgefälle $\dot{y}$. GroGe 'M'-Werte bedeuten kleine MeGspalte.

Die Winkelgeschwindigkeit *Q* ergibt sich aus der Drehzahl n des Rotors entsprechend $Q = 2 \bullet 7t \bullet n / 60$ mit Q in [1/s] und n in [1/min].

MeBbereiche

Die unterschiedlichen Spezifikationen der Modelle RT20, RS75 und RS150 wirken sich auf die MeBbereiche aus.

Modell	RT20	RS75	RS150
max. Drehmoment (mNm)	100	100	150
min. Drehmoment (mNm)	$8\text{-}10^{-2}$	**10^{-3}**	$0{,}5\text{-}10^{-4}$
max. Drehzahl (min^{-1})	1000	600	1200
min. Drehzahl (min^{-1}) CR	0,1	0,1	0,01
min Drehzahl (min^{-1}) CS	10^{-6}	**10^{-7}**	10^{-7}

Der Me(3bereich kann graphisch als ein Diagramm x = f *(?)* und TI = f *(Ẏ)* dargestellt werden.

x - **Bereich**

Der Schubspannungsbereich ergibt sich aus der MeBgeometrie und den Vorgabewerten des Drehmomentes Md. Man kann sehr einfach den kleinsten und gröBten Schubspannungswert einer MeBeinrichtung bestimmen, indem folgende Berechnung angewendet wird:

$$T_{min} = Md_{(min)} \cdot A$$

$$\tau_{max} = Md_{(max)} \cdot A$$

Die Eckwerte der Diagramme unterscheiden sich entsprechend der modellspezifischen Drehmomentwerte aus obenstehender Tabelle.

7- **Bereich**

Auch für das Geschwindigkeitsgefälle $\dot{\gamma}$ gibt es einen sinnvollen MeRbereich. Es ergeben sich folgende Zusammenhänge:

$$\dot{\gamma}_{min} = \Omega_{(min)} \cdot M$$

$$\dot{\gamma}_{max} = \text{^}_{(max)} \cdot M$$

Die Eckwerte der Diagramme unterscheiden sich entsprechend der modellspezifischen Drehzahlwerte aus obenstehender Tabelle.

r\ - **Bereich**

Der ViskositätsmeBbereich ergibt sich aus dem x - und $\dot{Y}$-Bereich nach der Newton'schen Bestimmungsgleichung

$$\eta = T / \dot{Y}$$

Demnach berechnen sich die 4 Eckpunkte des Diagramms:

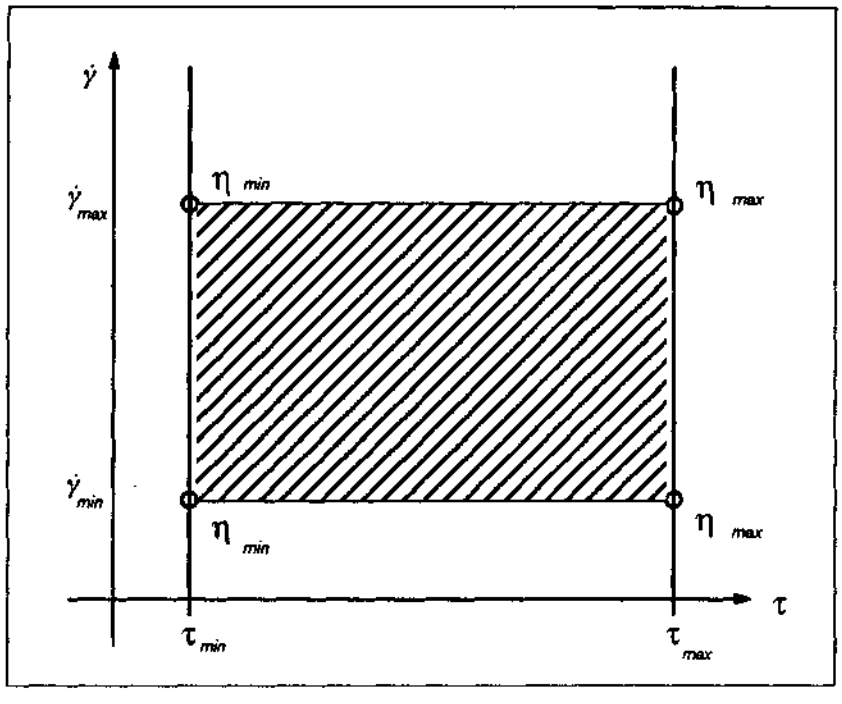
kleinste Viskosität bei maximalem Geschwindigkeitsgefälle -> r| (min) = x (min) / $\dot{7}$(max)

kleinste Viskosität bei minimalem Geschwindigkeitsgefälle -> t) (min) = x (min) / $\dot{7}$(min)

gröBte Viskosität bei minimalem Geschwindigkeitsgefälle -4T) (max) = x (max) / $\dot{y}$(min)

gröBte Viskosität bei maximalem Geschwindigkeitsgefälle -> r| (max) = x (max) / $\dot{7}$(max)

Mit diesen 4 Eckpunkten ist der ViskositätsmeBbereich definiert. Es ist einzusehen, daB der MeBfehler in den extrem kleinen Bereichen sehr groB ist und mit höheren Drehmomenten und Winkeigeschwindigkeiten abnimmt, da häufig die MeBunsicherheiten auf den vollen Endwert bezogen werden.



10.1 ZylindermeBeinrichtungen

Von den möglichen Geometrien für eine MeBgeometrie für ZylindermeBeinrichtungen, hat HAAKE unterschiedliche Konzepte gewählt, wobei andere Alternativen deshalb nicht ausgeschlossen sind.

10.1.1 ZylindermeBeinrichtungen Z-DIN

Applikation

Diese MeBeinrichtungen wurden ursprünglich für Polymer-Dispersionen eingeführt. Sie haben sich aber mittlerweile als Standard in Europa durchgesetzt, da sie:

- vergleichbare MeBergebnisse auch mit unterschiedlichen Rheometern liefern;
- leicht zu reinigen sind;
- **für** Temperaturprogramme gut geeignet sind.

Temperiereinheit

Die MeBeinrichtungen benötigen eine Temperiereinheit TEF/Z48 mit Innendurchmesser 0 48 mm für 40'er Systeme und/oder eine Temperiereinheit TEF/Z28 mit Innendurchmesser 0 28 mm für die 20'er und 1O'er Systeme.
Die Temperiereinheit wird von oben in den ausgeschwenkten MeBtisch des Rheometers gesteckt und befestigt. Eine Justierung ist nicht nötig, da die Teile im Werk auf die drei justierten Auflagepunkte angepal3t wurden. Die Temperiereinheit wird mit Schläuchen an einen Flüssigkeitsthermostaten angeschlossen. Die MeBbecher werden über den Klemmring 0 48 mm = 002-4937 und 0 28 mm = 002-4936 durch leichtes Drehen gehalten.

Für den Temperaturbereich bis 200°C können die Viton-Schläuche (222-0610) mit SchnellverschluB eingesetzt werden.
Als Temperierflüssigkeit wird üblicherweise im Temperaturbereich zwischen -50°C und 30°C Wasser mit Anti-Gefriermittel verwendet. Im Temperaturbereich von 5°C bis 90°C kann destilliertes Wasser und darüber muB ein geeignetes Temperieröl verwendet werden.

Für den Temperaturbereich von 1OO°C bis 200°C sollten Metallschläuche (333-0294 -»1 Stück = 150 cm) mit den Adaptern (002-3424) verwendet werden. Als Temperierflüssigkeit werden Silikondle Oder andere geeignete Flüssigkeiten eingesetzt.

Berechnungsgleichungen

Schubspannung T:

Die Schubspannung x ist proportional dem Drehmoment 'Md' und dem Schubfaktor 'A'.

$$x = A \cdot Md$$

Der Faktor 'A' ist wie folgt berechenbar:

$$A = \frac{1}{2 \cdot n \cdot L \cdot Rf \cdot C_L} \cdot \frac{1 + 6^2}{25^2}$$

mit Rj = Radius 'Drehkörper'
L = Länge des Drehkörpers
CL = Widerstandsbeiwert
(C_L= 1,1 nach DIN 53019)
8 = Radienverhältnis R_a/Rj

Er hat die Einheit eines inversen Volumens.

Geschwindigkeitsgefälle *ṙ.*

Das Geschwindigkeitsgefälie *Ẏ* ist proportional der Winkelgeschwindigkeit und damit der Drehzahl und dem Scherfaktor 'M[1].

$$\dot{Y} = M \cdot Q$$

Die Winkelgeschwindigkeit *Q,* berechnet sich aus der Drehzahl n nach $Q = \frac{in \cdot n}{60}$

Der Faktor 'M' berechnet sich zu:

$$M = \frac{1 + 5^2}{\delta^2 - 1}$$

5 = Radienverhältnis R_a/Rj

8= 1,0847 (DIN 53019)

Deformation *j.*

Die Deformation y ist mit der Winkelauslenkung und der Geometrie einer MeBeinrichtung linear verknüpft.

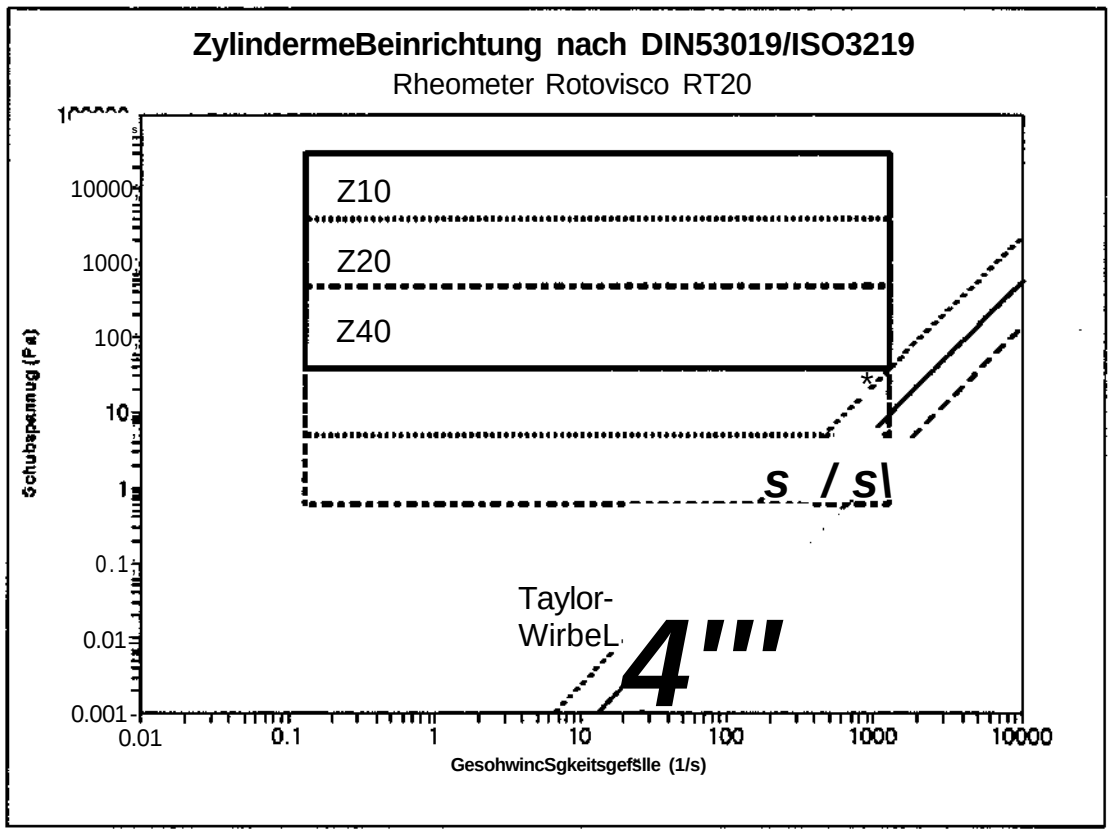
$y = M \cdot (p$ mit cp = Verdrehungswinkel [rad]
y ist eine dimensionslose Zahl

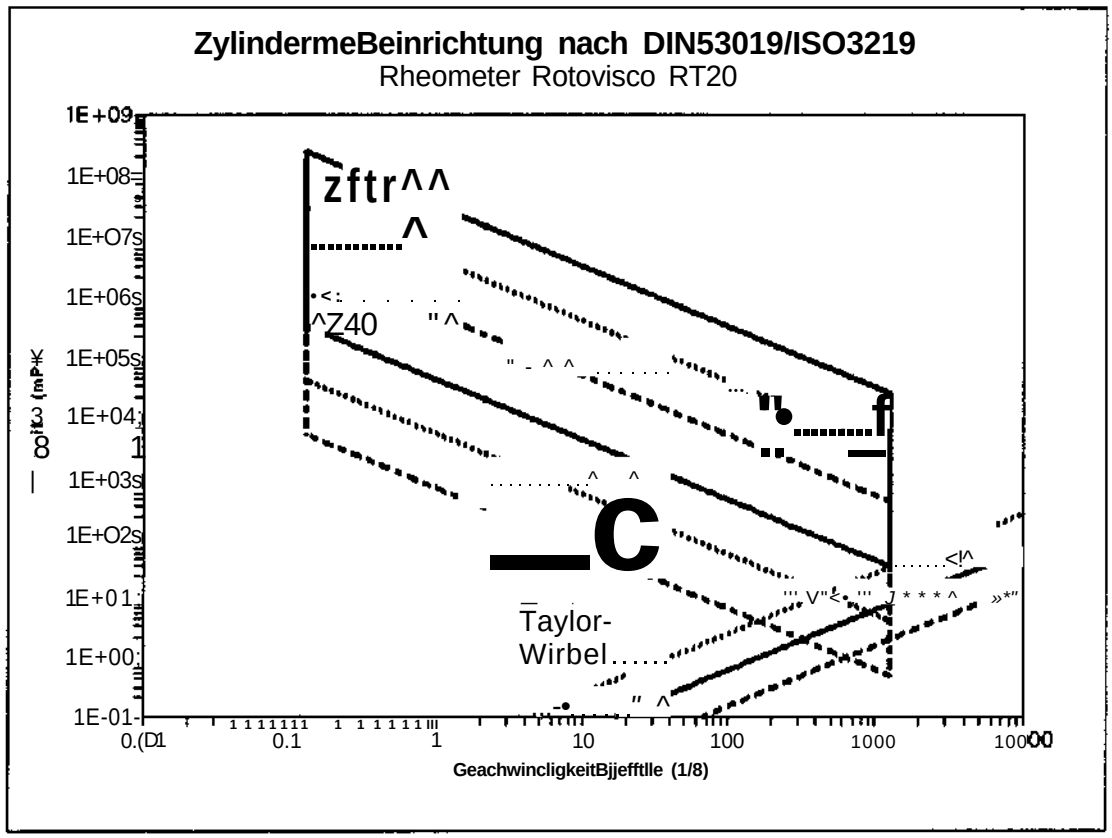
Füllvolumen:

In der Norm ist die Gleichung zur Berechnung des Füllvolumens wie folgt angegeben: $V = 8{,}17 \cdot Rj^3$ (cm^3)

ZylindermeBeinrichtung nach DIN 53019/ISO 3219

MeBeinrichtung	Z10 DIN	Z20 DIN	Z40 DIN
Stahl Rotor Best. Nr.:	222-0621	222-0619	222-0617
Massenträgheit I (10^{-6} kg m^2)	0,4	2,9	51,9
Masse m (g)	37,4	62,0	207,0
Material: Werkstoff DIN Nr.	1.4112	1.4112	1.4112
Aluminium Rotor Best. Nr.:	—	222-1278	222-1279
Massenträgheit I (10^{-6} kg m^2)	—	1,05	18,0
Masse m (g)	—	29,3	80,0
Material: Aluminium/Armaloy	—	+	+
Radius Rj (mm)	5,000	10,000	20,000
±A Rj (mm)	0,0015	0,002	0,004
Länge l (mm)	15	30	60
±Al(mm)	0,015	0,03	0,06
Abstand vom Boden (mm)	2,1	4,2	8,5
Becher für TEF/Z48 222-0615	222-0620	222-0618	222-0616
Becher für TEF/Z28 222-0628	222-0634	222-0635	——
Radius R_a (mm)	5,425	10,850	21,70
±A R_a (mm)	0,002	0,00295	0,004
Material: Messing/Armaloy	+	+	+
Dichtung 200°C Best.Nr.:	002-5176	002-1291	002-1290
Dichtung 350°C Best.Nr.:	002-5187	002-5188	002-5189
Radienverhältnis R_a/Rj	1,0847	1,0847	1,0847
MeBspalt	0,425	0,85	1,7
Probenvolumen (cm^3)	1,0	8,2	65,4
Dauer-Temperatur max. °C	200	200	200
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm)	356800	44598,5	5574,81
±AA (%)	0,173	0,151	0,151
M (s-Vrad s^{-1})	12,29	12,29	12,29
±AM (%)	0,8	0,5	0,4


ZylindermeBeinrichtung nach DIN53019/ISO3219
Rheometer Rotovisco RT20
Z10
Z20
Z40
s / s\
Taylor-
WirbeL
4'''
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
GesohwincSgkeitsgefSlle (1/s)


ZylindermeBeinrichtung nach DIN53019/ISO3219
Rheometer Rotovisco RT20
zftr^^
^Z40
Taylor-
Wirbel
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
1E-01
0.01
0.1
1
10
100
1000
GeachwincligkeitBjjefftlle (1/8)

10.1.2 Einwegzylinder-MeBeinrichtungen nach **DIN** 53019 /ISO 3219

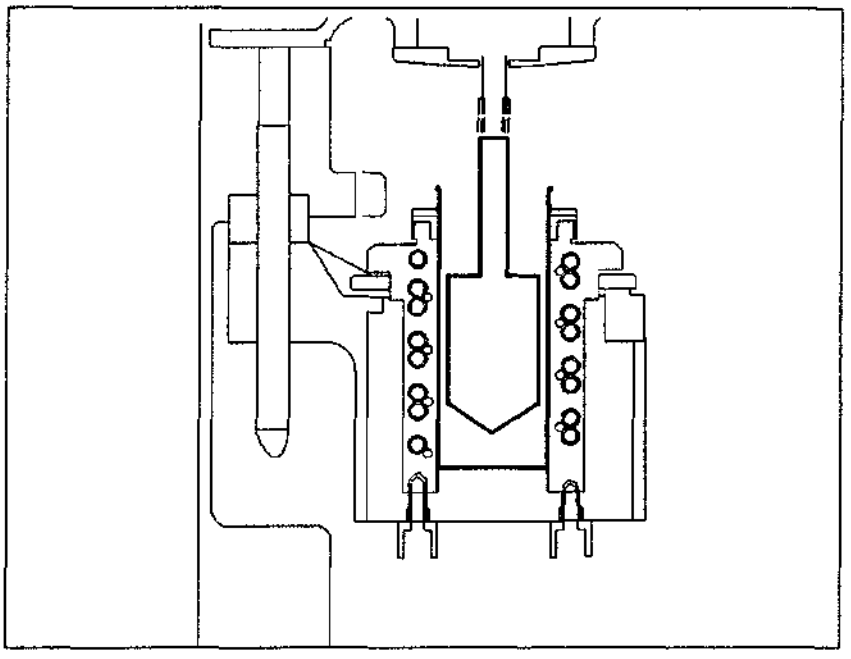
Applikation

Häufig ist die Reinigung einer MeBeinrichtung der zeitaufwendigste Teil einer Untersuchung, oder manchmal ist sie sogar unmöglich. **Für** diesen Anwendungsfall lohnt es sich, MeBbecher zu verwenden, die nur für eine Messung eingesetzt werden. Fürdiese EinwegmeBeinrichtung werden Aluminium-Becher verwendet, die nicht die hohen Spezifikationen in der MaBhaltigkeit aufweisen, dafür auch nicht so teuer sind.

Temperiereinheit

Die MeBeinrichtung Z-E43 DIN ist auf die Temperiereinheit 0 48 (222-0615) und die MeBeinrichtung Z-E25 DIN auf den Durchmesser 0 28 (222-0628) abgestimmt worden. Aus praktischen Gründen (Handhabung, Wärmeausdehnung, Temperaturübergangswiderstände) sollten diese Einmal-MeBeinrichtungen nur für den Temperaturbereich 5 bis 60°C eingesetzt werden. Temperaturen darüber (bis 200°C) oder darunter (bis -50°C) sind technisch ohne Sicherheitsrisiken möglich, führen aber zu größeren MeBfehlern und einer erschwerten Handhabung. Als Temperierflüssigkeit diirfte fast ausschlieBlich destilliertes Wasser in dem empfohlenen Bereich von 5 bis 60°C verwendet werden.

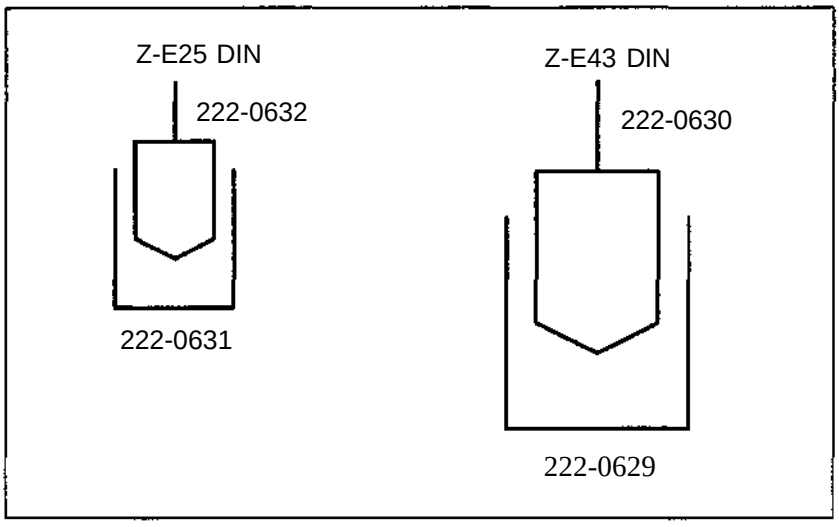
ZylindermeBsystem Z-E **DIN**



Mefteinrichtungen Z-E **DIN**

Die MeBeinrichtungen Z-E DIN bestehen jeweils aus einem Rotor und einem MeBbecher gemäß dem Standard DIN 53019 / ISO 3219, der von oben in eine Temperiereinheit eingesteckt und mit einer kleinen Drehung der Halterung fixiert wird.

Die MeBeinrichtungen unterscheiden sich im Durchmesser des Rotors.



☞ **Hinweis!**

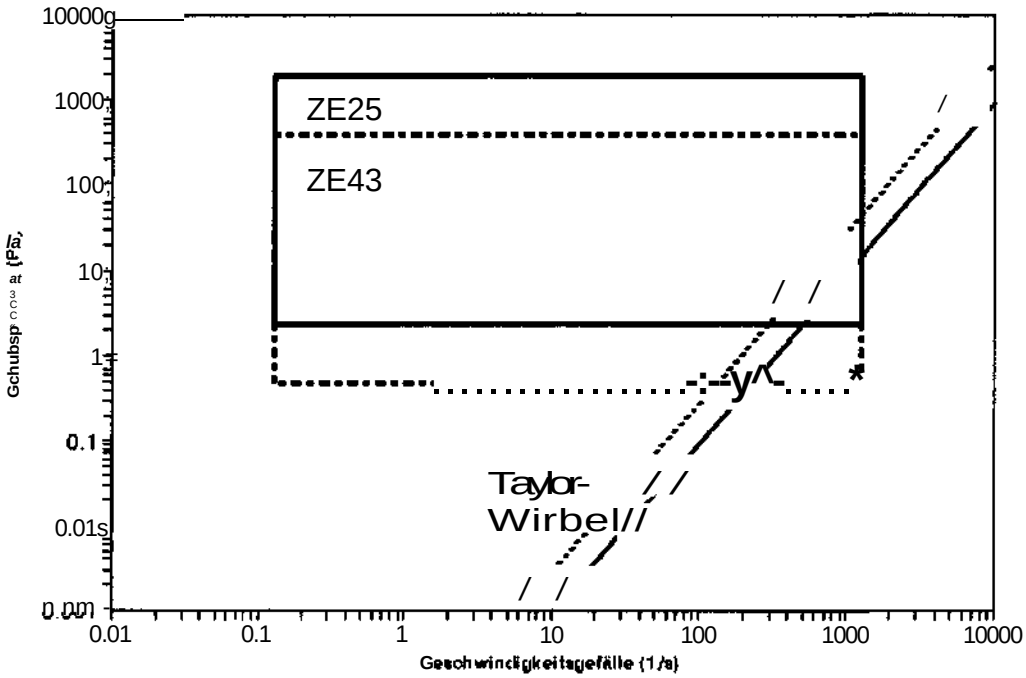
Geometrie -> Siehe Seite 32

Berechnungsgleichungen -> Siehe Seite 33

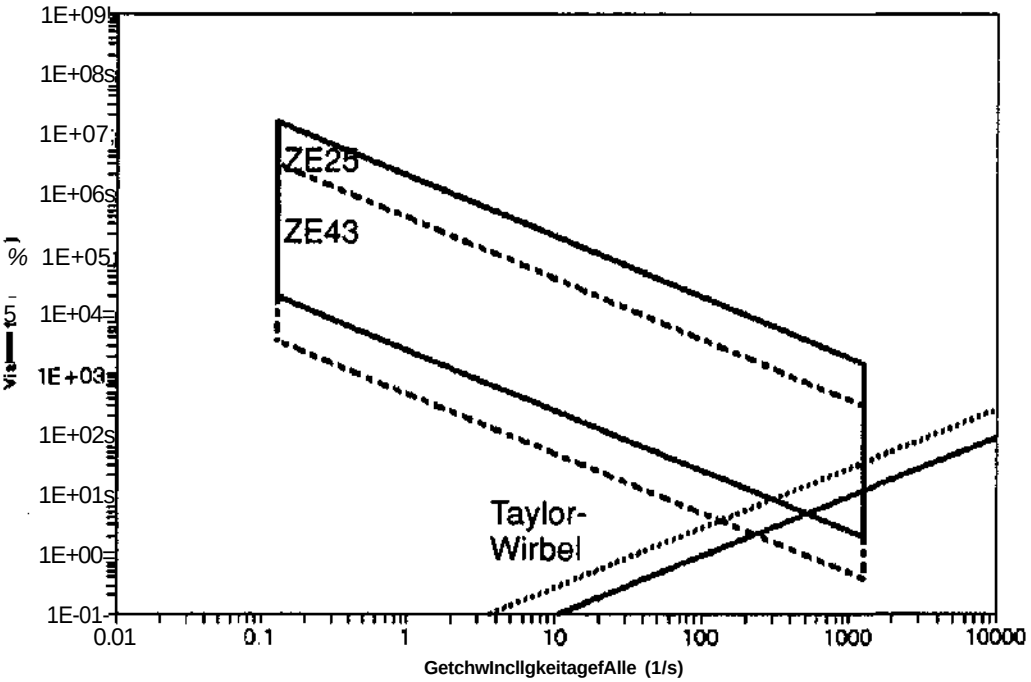
Einweg-ZylindermeBeinrichtung nach DIN 53019/ISO 3219

MeBeinrichtung	Z-E25 DIN	Z-E43 DIN
Rotor Best. Nr.:	222-0632	222-0630
Radius Rj (mm)	12,54	21,66
±A Rj (mm)	0,002	0,004
Länge l (mm)	37,6	65,0
±A l (mm)	0,03	0,06
Abstand vom Boden (mm)	5,3	9,2
±A a (mm)	0,0053	0,0092
Massenträgkeit I ($10"^6$ kg m^2)	8,0	71,7
Masse m (g)	94,0	237,0
Material: Stahl Werkstoff Nr.	1.4112	1.4112
Becher für TEF/Z48 222-0615	———	222-0629
Becher für TEF/Z28 222-0628	222-0631	———
Radius R_a (mm)	13,6	23,5
±A R_a (mm)	0,05	0,05
Material: Aluminum	+	+
Radienverhältnis R_a/Rj	1,0847	1,0847
MeBspalt (mm)	1,06	1,84
Probenvolumen (cm^3)	16,1	83,0
Dauer-Temperatur max. (°C)	200	200
Berechnungsfaktoren		
A (Pa/Nm)	22625,6	4388,98
±A A (%)	0,121	0,14
M (s-Vrad s^{-1})	12,3	12,3
±A M (%)	5	3

Einweg-ZylindermeReinrichtunq nach DIN53019/ISO3219
Rheometer Rotovisco RT20



Einweg-ZylindermeBeinrichtung nach DIN53019/ISO3219
Rheometer Rotovisco RT20



10.1.3Zylinder-MeBeinrichtungen nach DIN 53018

Applikation

Diese MeBeinrichtung wird bevorzugt für mittelviskose Flüssigkeiten eingesetzt, wenn die Vergleichbarkeit der Messungen nach DIN 53018 gefordert ist. Diese Sensoren haben einen extrem geringen StimflächeneinfluB und sind deshalb für genaue Messungen vorgesehen. Temperaturprogramme sind nicht empfehlenswert, da sich das Volumen der eingeschlossenen Luftblase in Abhängigkeit von derTemperatura̋ndert. Dadurch ändertsich auch der EndflächeneinfluB.

Temperiereinheit

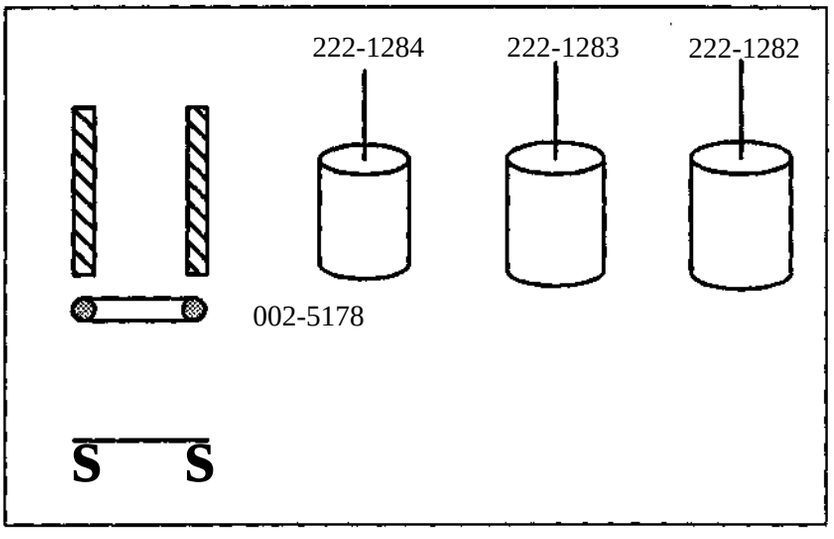
Die MeBeinrichtungen benötigen eine Temperiereinheit TEF/Z48 mit Innendurchmesser 0 48 mm.
Die Temperiereinheit wird von oben in den ausgeschwenkten MeBtisch des Rheometers gesteckt und befestigt. Eine Justierung ist nicht nötig, da die Teile im Werk auf die drei justierten Auflagepunkte angepaBt wurden. Die Temperiereinheit wird mit Schläuchen an einen Flüssigkeitsthermostaten angeschlossen. Die MeBbecher werden über den Klemmring 002-4937 durch leichtes Drehen gehalten.

Für den Temperaturbereich bis 200°C können die Viton-Schläuche (222-0610) mit SchnellverschluB eingesetzt werden.
Als Temperierflüssigkeit wird üblicherweise im Temperaturbereich zwischen -50°C und 30°C Wasser mit Anti-Gefriermittel verwendet. Im Temperaturbereich von 5°C bis 90°C kann destilliertes Wasser und darüber muB ein geeignetes Temperierb'l verwendet werden.

Für den Temperaturbereich von 100°C bis 200°C sollten Metallschläuche (333-0294 -^ 1 Stück = 150 cm) mit den Adaptern (002-3424) verwendet werden. Als Temperierflüssigkeit werden Silikonöle oderandere geeignete Flüssigkeiten eingesetzt.

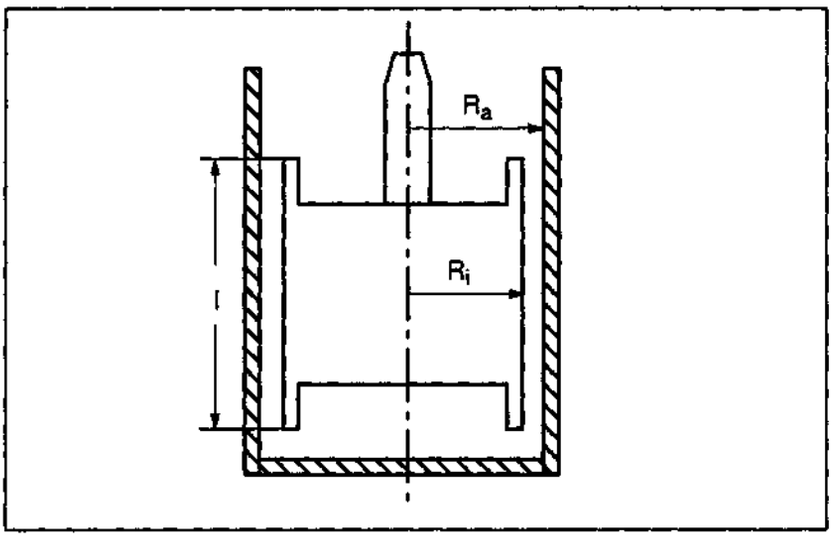
MeBeinrichtung Z

Die MeBeinrichtung Z besteht aus einem zerlegbaren MeBbecher und 3 Rotoren mit unterschiedlichem Radius.



Geometrie

Die Geometrie dieser MeBeinrichtung entspricht DIN 53018.



Berechnungsglelchungen:

Schubspannung x:

Die Schubspannung x ist proportional dem Drehmoment 'Md' und dem Schubfaktor 'A'.

$$x = A \cdot Md$$

Der Faktor 'A ist wie folgt berechenbar:

$$A = \frac{1}{2 \cdot * \cdot Ri\ 2 \cdot L}$$

Er hat die Einheit eines inversen Volumens.

Geschwindigkeitsgefälle y':

Das Geschwindigkeitsgefälle $\dot{y}$ ist proportional der Winkelgeschwindigkeit und damit der Drehzahl und dem Scherfaktor 'M[1].

$$\dot{y} = M \cdot Q$$

Die Winkelgeschwindigkeit Q berechnet sich aus der Drehzahl n nach $Q = \frac{\pi \cdot n \cdot}{60}$

Der Faktor 'M' berechnet sich zu:

$$M = \frac{2 \cdot R!}{R|-Rf^{a}}$$

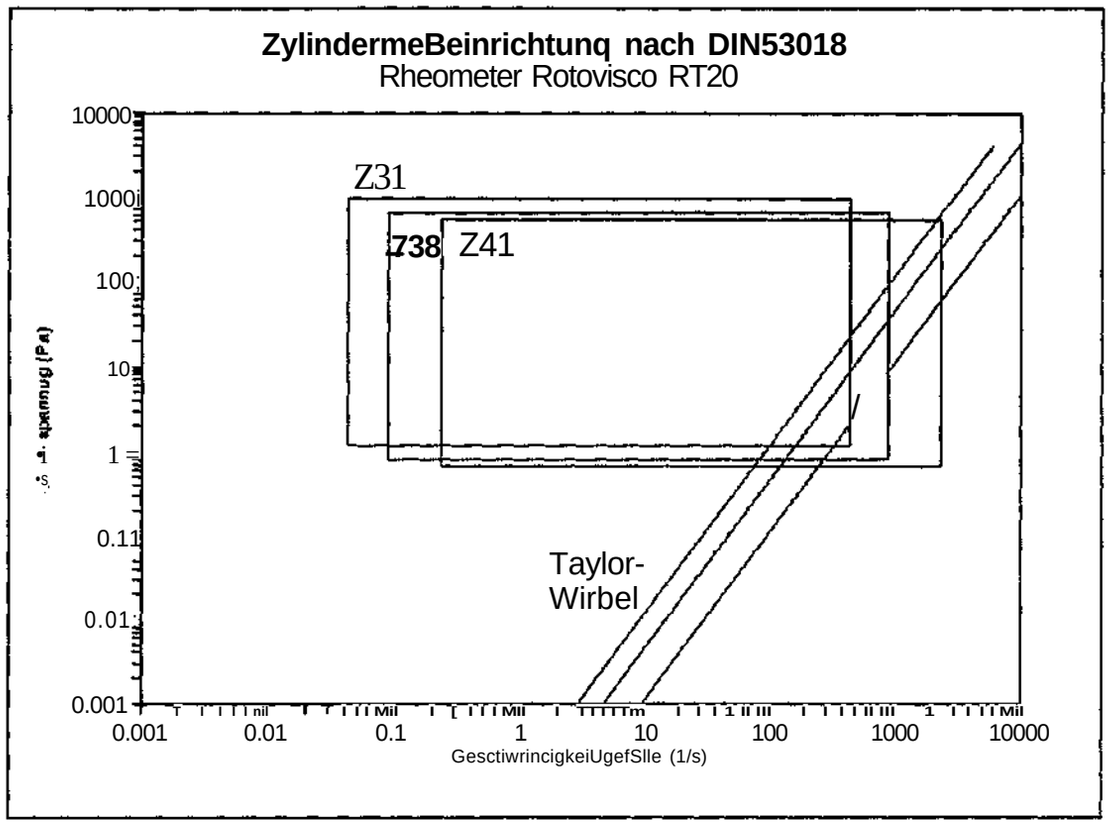
Deformation y

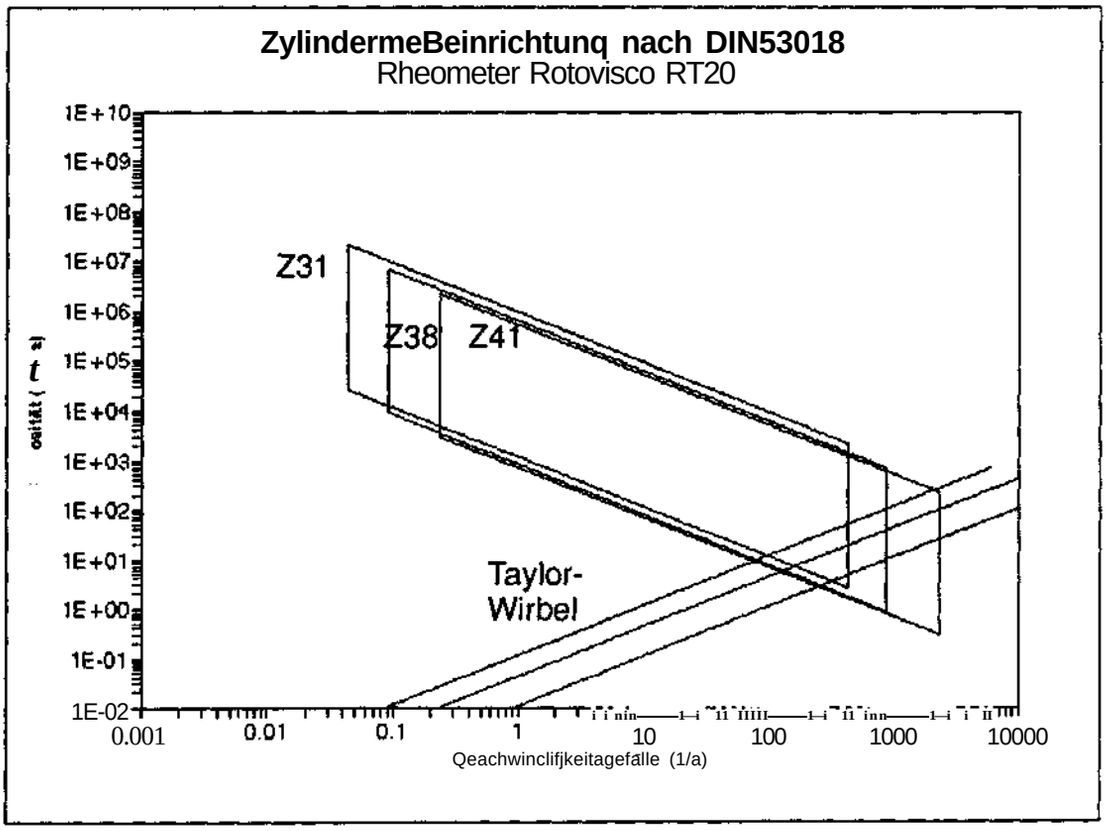
Die Deformation *y* ist mit der Winkelauslenkung und der Geometrie einer MeBeinrichtung linear verknüpft.

Y = M • (p mit 9 = Verdrehungswinkel [rad]
y ist eine dimensionslose Zahl

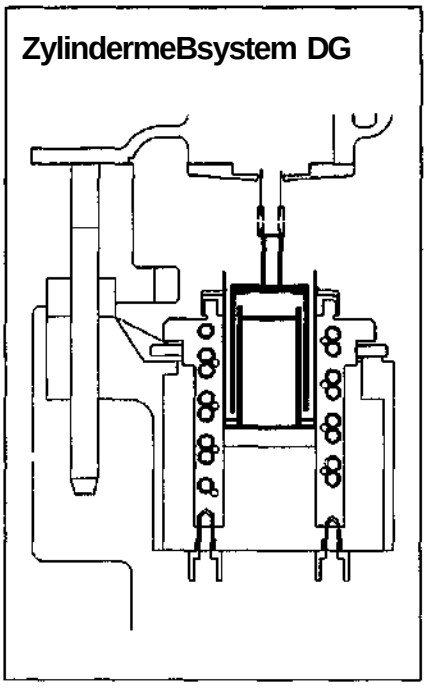
ZyiindermeBeinrichtung nach DIN 53018

MeBeinrichtung	Z31	Z38	Z41
Stahl Rotor Best. Nr.:	222-1284	222-1283	222-1282
Massenträgheit I (10"^{6} kg m^{2})	19,0	38,0	48,0
Masse m (g)	121,0	152,0	169,0
Material: Werkstoff DIN Nr.	1.4112	1.4112	1.4112
Aluminium Rotor Best. Nr.:	222-1287	222-1286	222-1285
Massenträgheit I (10~^{6} kg m^{2})	6,6	12,40	16,4
Masse m (g)	50,0	61,0	67,0
Material: Aluminium/Armaloy	+	+	+
Radius Rj (mm)	15,720	19,010	20,710
±A Rj (mm)	0,0020	0,004	0,004
Länge I (mm)	55	55	55
±AI(mm)	0,03	0,03	0,03
Abstand vom Boden (mm)	8,1	8,1	3,0
Becher für TEF/Z48 222-0615	222-1288	222-1288	222-1288
Radius R_a (mm)	21,700	21,700	21,700
±A R_a (mm)	0,004	0,004	0,004
Material: Messing/Armaloy	+	+	+
Dichtung (200°C) Best. Nr.:	002-5178	002-5178	002-5178
Radienverhältnis R_a/Rj	1,3804	1,1415	1,0478
MeBspalt	5,98	2,69	0,99
Probenvolumen (cm^{3})	52,0	33,0	14,0
Dauer-Temperatur max. °C	200	200	200
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm)	11710	8010	6750
± AA (%)	0,5	0,5	0,5
M(s-^{1}/rads"^{1})	4,21	8,60	22,40
±AM (%)	0,5	0,5	0,5


ZylindermeBeinrichtunq nach DIN53018
Rheometer Rotovisco RT20
10000
1000
100
10
1
0.11
0.01
0.001
Z31
Z38
Z41
Taylor-
Wirbel
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
GesctiwrincigkeiUgefSlle (1/s)


ZylindermeBeinrichtunq nach DIN53018
Rheometer Rotovisco RT20
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
1E-01
1E-02
Z31
Z38
Z41
Taylor-
Wirbel
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
Qeachwinclifjkeitagefalle (1/a)

10.1.4Zylinder Doppelspalt-MeReinrichtung DG41 nach DIN 54453



Appllkation

Diese MeBeinrichtung wird bevorzugt für niedrigviskose Flüssigkeiten (< 1000 mPa • s) Oder kleinere Probenvolumen eingesetzt. Durch die doppelten Scherflächen entsteht eine höhere Schubspannung als bei einer vergleichbaren DIN MeBeinrichtung. Sie ist in DIN 54453 **für** Messungen an dünnflüssigen Klebstoffen genormt.

Temperiereinheit

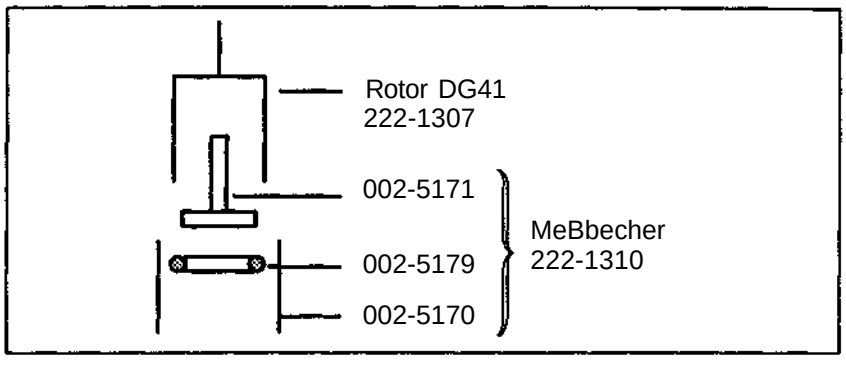
Die MeBeinrichtungen benötigen eine Temperiereinheit TEF/Z48 mit Innendurchmesser 0 48 mm.
Die Temperiereinheit wird von oben in den ausgeschwenkten MeBtisch des Rheometers gesteckt und befestigt. Eine Justierung ist nicht nötig, da die Teile im Werk auf die drei justierten Auflagepunkte angepaBt wurden. Die Temperiereinheit wird mit Schläuchen an einen Flüssigkeitsthermostaten angeschlossen. Die MeBbecher werden über den Klemmring 002-49376 durch leichtes Drehen gehalten.

Für den Temperaturberelch bis 200°C kQnnen die Viton-Schläuche (222-0610) mit SchnellverschluB eingesetzt werden.
Als Temperierflüssigkeit wird üblicherweise im Temperaturbereich zwischen -50°C und 30°C Wasser mit Anti-Gefriermittel verwendet. Im Temperaturbereich von 5°C bis 90°C kann destilliertes Wasser und darüber muB ein geeignetes Temperierbl verwendet werden.

Für den Temperaturbereich von 100°C bis 200°C sollten Metallschläuche (333-0294 -^ 1 Stück = 150 cm) mit den Adaptern (002-3424) verwendet werden. AlsTemperierflüssigkeit werden Silikonöle oderandere geeignete Flüssigkeiten eingesetzt.

MeBeinrichtung DG41

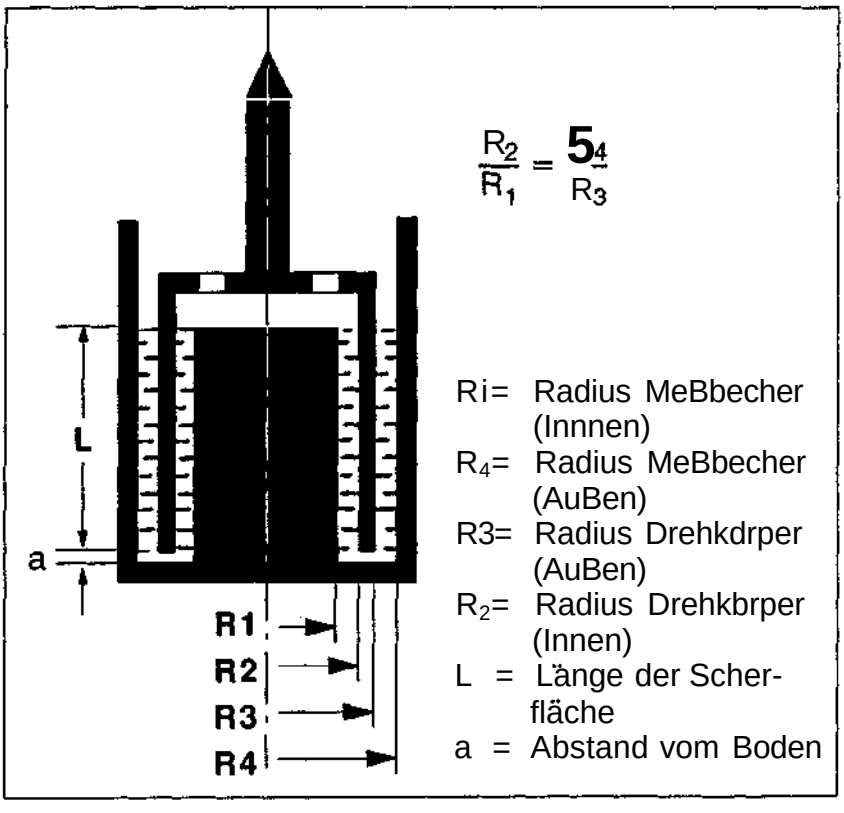
Die MeBeinrichtung DG41 besteht aus einem zerlegbaren MeBbecher und einem glockenförmigen Rotor.



Die MeBeinrichtung sollte nicht für Temperaturen über 200°C eingesetzt werden. Damit auch der untemperierte Innenteil des MeBbechers die geforderte Temperatur annimmt, und muB ausreichend lange temperiert werden. Temperierzeiten von 5 bis 20 Minuten je nach Viskosität und Flüssigkeit sind üblich.

Geometrie

Die Geometrie der MeBeinrichtung ist so gewähit, daB das Radienverhältnis in beiden MeBspalten annähernd gleich groB ist und damit in beiden Spalten gleiche Scherbedingungen herrschen.



Berechnungsgleichungen:

Schubspannung x:

Die Schubspannung x ist proportional dem Drehmoment W und dem Schubfaktor "A[1].

$$x = A \cdot Md$$

Der Faktor 'A' ist wie folgt berechenbar:

$$A = \frac{1}{2 \cdot n \cdot L \cdot (R| + R\S)}$$

Er hat die Einheit eines inversen Volumens.

Geschwindigkeitsgefälle ṙ:

Das Geschwindigkeitsgefälle $\dot{Y}$ ist proportional der Winkelgeschwindigkeit und damit der Drehzahl und dem Scherfaktor 'M\

$$\dot{Y} = M \cdot Q$$

Die Winkelgeschwindigkeit *Q.* berechnet sich aus der Drehzahl n nach $Q = \frac{£zi.\ n}{60}$.

Der Faktor 'M' berechnet sich zu:

$$M = \frac{2 \cdot R^2}{R_i - R_a}$$

Ra= R4, R2

Ri = R3, R1

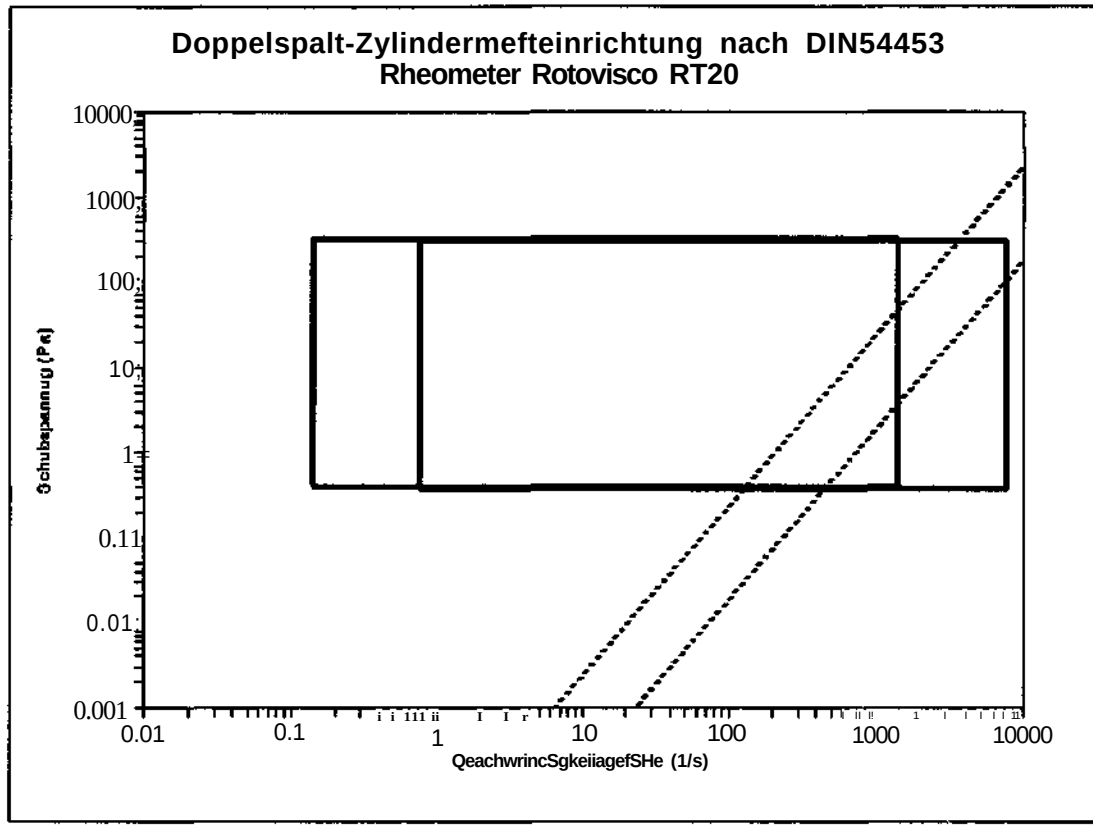
Deformation Y:

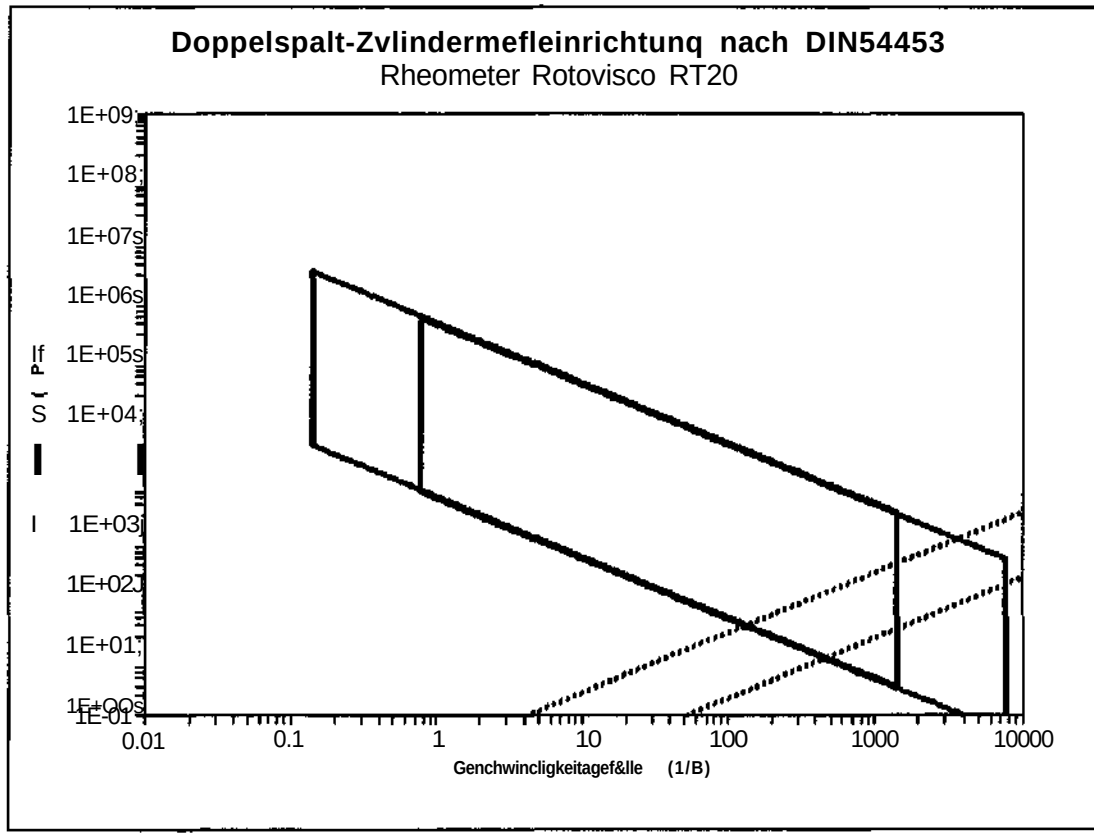
Die Deformation Y ist mit der Winkelauslenkung und der Geometrie einer Me(3einrichtung linear verknüpft.

Y= M • cp mit 9 = Verdrehungswinkel [rad]
y 1st eine dimensionslose Zahl

Doppelspalt-ZylindermeBeinrichtung DG40/DG41 nach DIN 54 453

MeBeinrichtung	DG40	DG40	DG41
Rotor Best. Nr.:	222-0623	222-1277	222-1309
Radius Ri (mm)	16,6	16,6	17,75
± A Ri (mm)	0,004	0,004	0,004
Radius R_2 (mm)	18	18	18
± A R2 (mm)	0,004	0,004	0,004
Radius R_3 (mm)	20	20	21,4
± A R3 (mm)	0,004	0,004	0,004
Länge l (mm)	55	55	55
± A l (mm)	0,006	0,006	0,006
Abstand a (mm)	5,1	5,1	0,9
Massenträgkeit I (kg m^2)E-6	44,18	15,60	26,56
Masse m (g)	151,0	67,0	67,0
Material: Stahl Werkstoff Nr.	1.4112	Aluminium	Aluminium
BecherfürTEF/Z48 222-0615	222-0622	222-0622	222-1310
Radius R_a (mm)	21,7	21,7	21,7
± A R_a (mm)	0,00434	0,00434	0,00434
Material: Messing/Armaloy	+	+	Stahl 18/8
Dichtung 200°C Best.Nr.:	222-1293	222-1293	222-1293
Radienverhältnisse R_a/Rj	1,085	1,085	1,014
MeBspalt R4-R3 (mm)	1,7	1,7	0,3
MeBspalt R2-R1 (mm)	1,4	1,4	0,25
Probenvolumen (cm^3)	23,7	23,7	4,2
Dauertemperatur max. (°C)	200	200	200
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm)	3997	3997	3701
± A A (%)	0,1	0,1	0,1
M(s^{-1}/rads"^{1})	13,33	13,33	72,67
± A M (%)	1	1	6


Doppelspalt-Zylindermefteinrichtung nach DIN54453
Rheometer Rotovisco RT20
10000
1000
100
10
1
0.11
0.01
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
QeachwrincSgkeiiagefSHe (1/s)


Doppelspalt-Zvlindermefleinrichtunq nach DIN54453
Rheometer Rotovisco RT20
1E+09
1E+08
1E+07s
1E+06s
1E+05s
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
1E-01
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
Genchwincligkeitagef&lle (1/B)

10.2 Platte-Kegel und Platte-Platte MeBeinrichtungen

Applikation

Diese MeBeinrichtungen werden bevorzugt für Messungen von hochviskosen Fluiden, schwerzu reinigenden Substanzen und wegen des geringen Probenvolumens eingesetzt. Sie sind nur begrenzt verwendbar, wenn die Testsubstanz Partikel Oder Faserteile enthält.

Platte-Kegel MeBeinrichtungen erfordern eine groBe Sorgfalt in der Handhabung, urn genaue MeBergebnisse zu erzielen. Die verschiedenen MeBeinrichtungen unterscheiden sich im Kegel-/Platte-Radius und im Kegelwinkel.

Temperiereinheit

Diese MeBeinrichtungen benbtigen die Temperiereinheit 222-0609 für Flüssigkeitstemperierung oder die elektrisch beheizte Temperiereinheit 222-1228.
Die Temperiereinheit wird von oben in den ausgeschwenkten MeBtisch gesteckt und befestigt. Eine Justierung ist nicht nötig, da die Teile im Werk auf die 3 justierten Auflagepunkte angepaBt wurden. Die Flüssigkeits-Temperiereinheit mit Schläuchen an einen Flüssigkeitsthermostaten angeschlossen.

Für den **Temperaturbereich bis 200°C** können die Viton-Schläuche (222-0610) mit SchnellverschluB eingesetzt werden.
Als Temperierflüssigkeit wird üblicherweise im Temperaturbereich zwischen -50°C und 30°C Wasser mit Anti-Gefriermittel verwendet. Im Temperaturbereich von 5°C bis 90°C kann destilliertes Wasser und darüber muB ein geeignetes Temperieröl verwendet werden.

Für den Temperaturbereich von 1OO°C bis 350°C sollte die elektrisch beheizte Temperiereinrichtung oder die Standardausführung mit Metallschläuchen (333-0294 -^ 1 Stück = 150 cm) mit den Adaptern (002-3424) verwendet werden. Als Temperierflüssigkeit werden Silikonöle oder andere geeignete Fliissigkeiten eingesetzt werden.

Elektrische Temperierelnheit

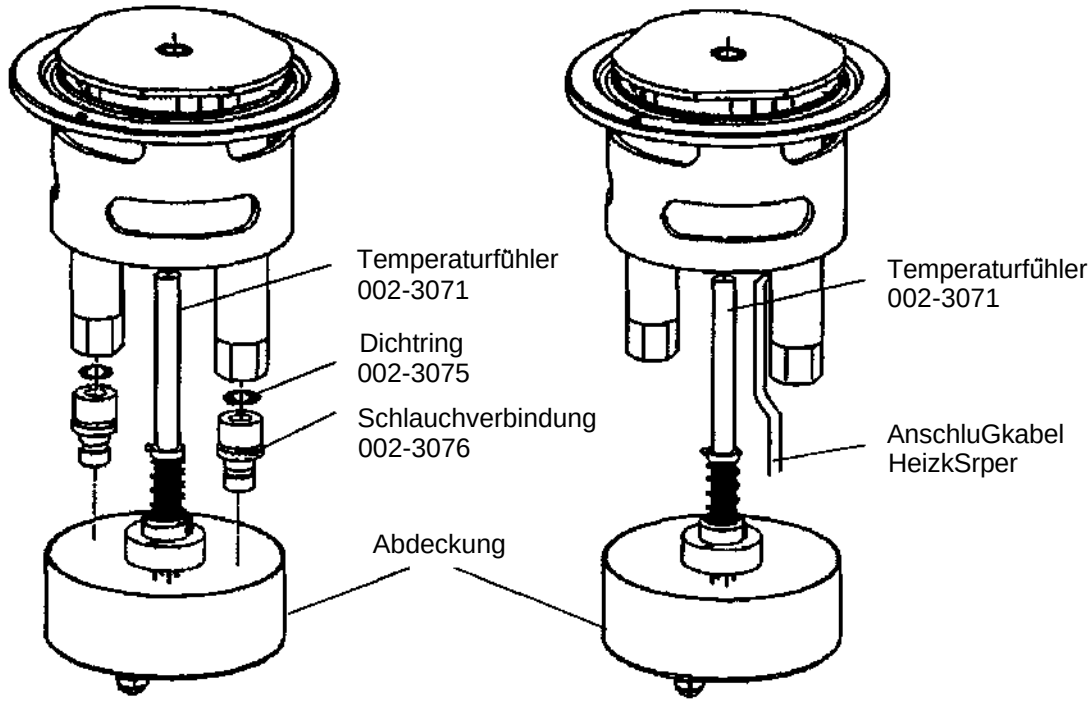
Die elektrische Temperiereinheit wird über die test angeschlossenen Kabel mit der Steuereinheit TC500 verbunden. Die vollständige Temperatursteuerung erfolgt über den Computer in Verbindung mit der HAAKE Software.

Für Messungen bei Temperaturen über 80°C ist es ratsam, mindestens die Probenraumabdeckung (222-0608) zur Reduzierung der WSrmeverluste einzusetzen. In jedem Fall ist der Einsatzvon MeBkegeln und MeBplatten, die einen Keramikschaft besitzen und deshalb wenig Wärme ableiten, zu empfehlen. Da diese speziellen Kegel einen l̈angeren Schaft haben, muB die Verl̈angerung (002-2099) an der Abstandsmel3uhr angebracht werden.

Kegel und MeBplatten sollten den gleichen Durchmesser haben, wie z. B. der Kegel C60/1 mit der MeBplatte MP60 und die Platte PP35 mit der MeBplatte MP35. Andemfalls entstehen groBe MeBfehler!

Flüssigkeits-Temperierelnhelt für PK/PP

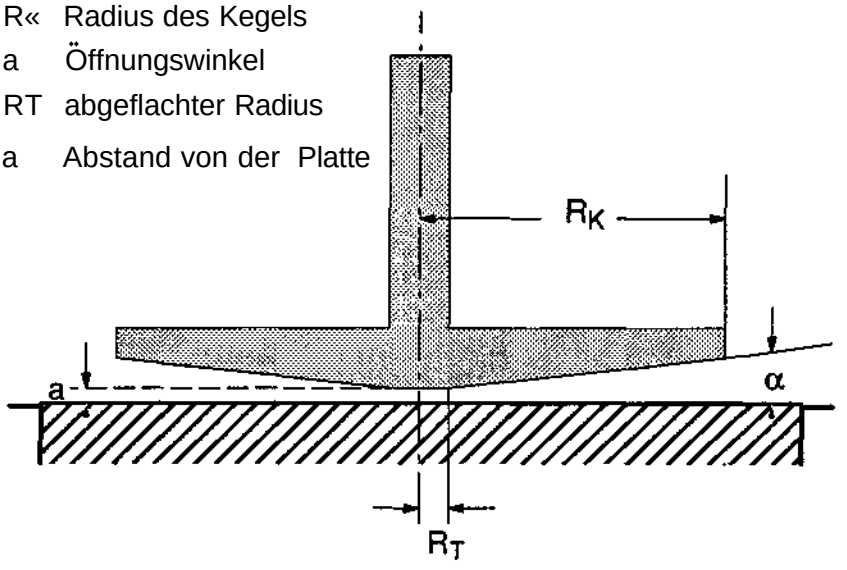
elektrisch beheizte Temperierelnheit **fOr PK/PP**



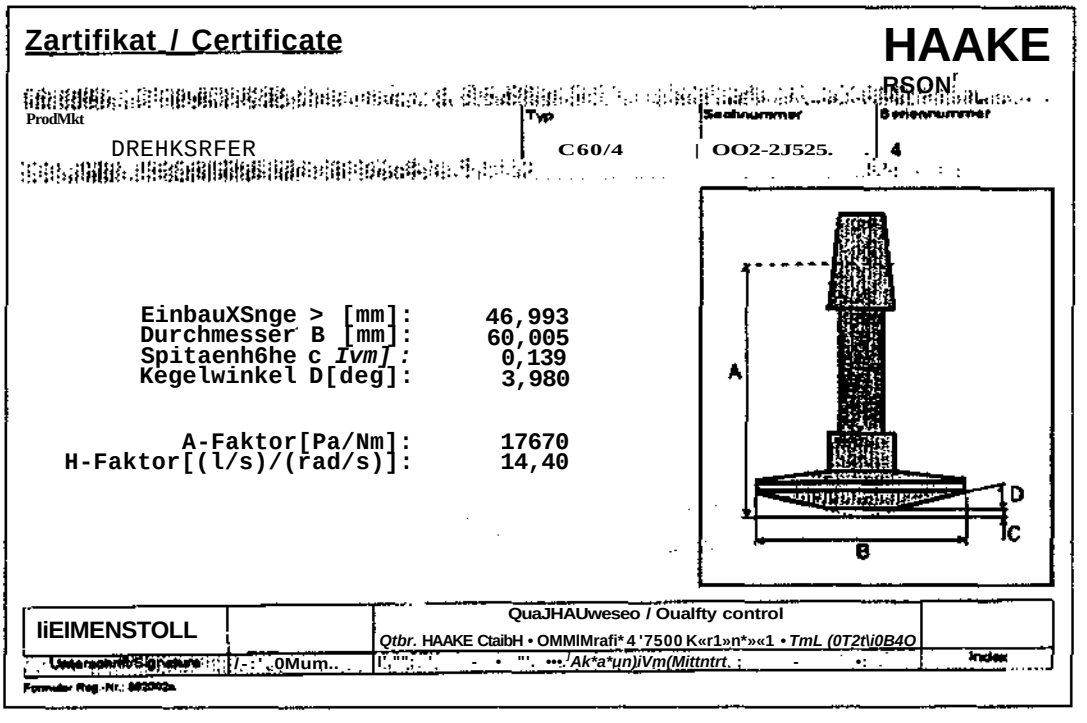
10.2.1 Platte-Kegel MeBeinrichtungen

Der Kegelradius und der Kegelwinkel sind die kennzeichnenden Merkmale der Platte-Kegel MeBeinrichtung.

R« Radius des Kegels
a Öffnungswinkel
RT abgeflachter Radius
a Abstand von der Platte



Bei HAAKE werden alle MeBkegel individuell vermessen, und das Ergebnis in einem Zertifikat ähnlich dem folgenden Beispiel dokumentiert.



Zertifikat / Certificate

HAAKE

RSON[r]

ProdMkt	Typ	Seriennummer	Serienummer
DREHKSRFER	C60/4	OO2-2J525.	4

EinbauXSnge > [mm]:	46,993
Durchmesser B [mm]:	60,005
Spitaenh6he c *Ivm]:*	0,139
Kegelwinkel D[deg]:	3,980
A-Faktor[Pa/Nm]:	17670
H-Faktor[(l/s)/(rad/s)]:	14,40

liEIMENSTOLL

QuaJHAUweseo / Oualfty control

Qtbr. HAAKE CtaibH • OMMIMrafi* 4 '7500 K«r1»n*»«1 • *TmL (0T2t\i0B4O*

*Ak*a*un)iVm(Mittntrt.*

Index

Berechnungsgleichungen - Platte-Kegel

Schubspannung x

Die Schubspannung x ist proportional dem Drehmoment W und dem Schubfaktor 'A'.

$$x = A \cdot Md$$

Der Faktor 'A ist wie folgt berechenbar:

$$A = \frac{3}{2 \cdot 7t \cdot Ry<}\,\hat{}$$ mit RK = Kegelradius [mm]

Er hat die Einheit eines inversen Volumens.

Geschwindigkeitsgefälle ẏ

Das Geschwindigkeitsgefälle ẏ ist proportional der Winkelgeschwindigkeit und damit der Drehzahl und dem Scherfaktor 'M'.

$$\dot{Y} = M \cdot Q$$

Die Winkelgeschwindigkeit *Q,* berechnet sich aus der Drehzahl n nach $Q = \frac{2 \cdot n}{60}$.

Der Faktor 'M' berechnet sich zu:

$M = \frac{1}{\alpha}$ mit a = Kegelwinkel [rad]

Es gilt die Umrechnungsformel:

1 rad = 57,296 Grad bzw. 1 Grad = 0,0174 rad

Deformation y

Die Deformation *y* ist proportional der Winkelauslenkung und des Scherfaktors M.

$y = M \cdot cp$ mit cp = Verdrehungswinkel [rad]
y ist eine dimensionslose Zahl

Für genaue Messungen ist es wichtig, den genauen Kegelwinkel für die Berechnungen heranzuziehen. Deshalb werden alle HAAKE-Kegel mit einem Zertifikat ausgeliefert, auf dem die individuellen Berechnungsfaktoren aufgelistet sind.

MeBfehler - Platte-Kegel

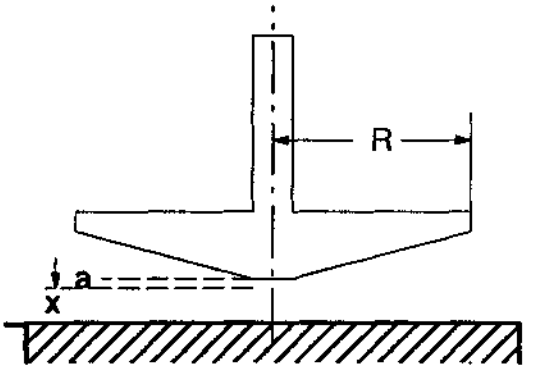
Bei Platte-Kegel MeBeinrichtungen ergeben sich signifikante MeBfehler, wenn...

- der Abstand zwischen Platte-Kegel nicht eingehalten wird,
- die Befüllung nicht korrekt erfolgt.

Beide MeBfehler können quantitativ abgeschätzt werden:

1. Abstandsfehler MeBkegel

Die MeBkegel haben eine abgeflachte Spitze, die einem fiktiven Abstand entspricht. Wird dieser Abstand nicht eingehalten, so entstehen MeBfehler, da die Annahmen bei der Bestimmung der Berechnungsfaktoren nicht eingehalten werden.



Wird der "ideale" Abstand "a" vergröBert, so ergibt sich eine Abweichung in der Viskositätsberechnung gemäB:

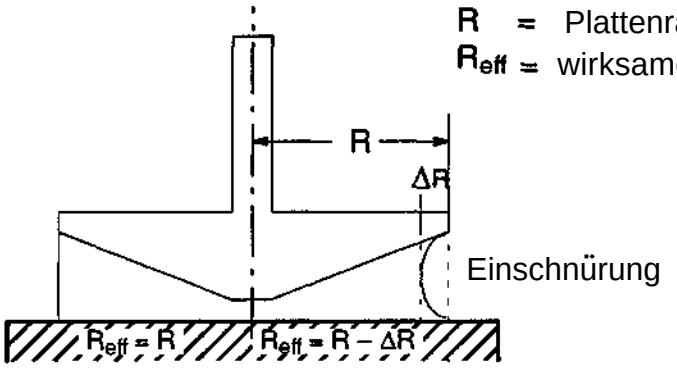
MeBunsicherheit = x • (a • 0,0174) / R /1000

a = Kegelwinkel

R = Radius des Kegels in (mm)

2. Einschnürungsfehler mit Platte-Kegel

Wird eine Platte-Kegel MeBeinrichtung unzureichend gefüllt oder entleert sich der Spalt wá"hrend einer Messung, so entstehen signifikante MeGfehler. Diese Unterfüllung kann als "Einschnürung" bezeichnet werden und wird durch eine Abnahme des effektiven Radius gekennzeichnet.



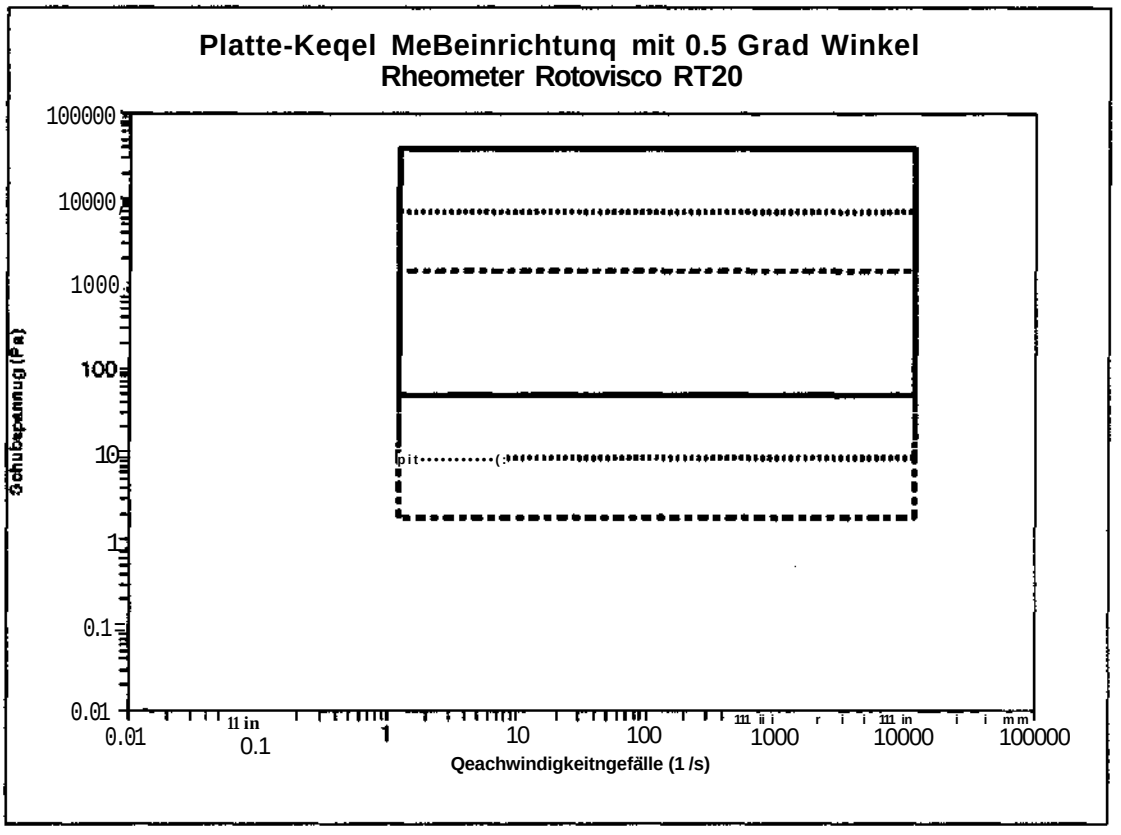
Der MeBfehler kann gemäB folgender Gleichung abgeschätzt werden:

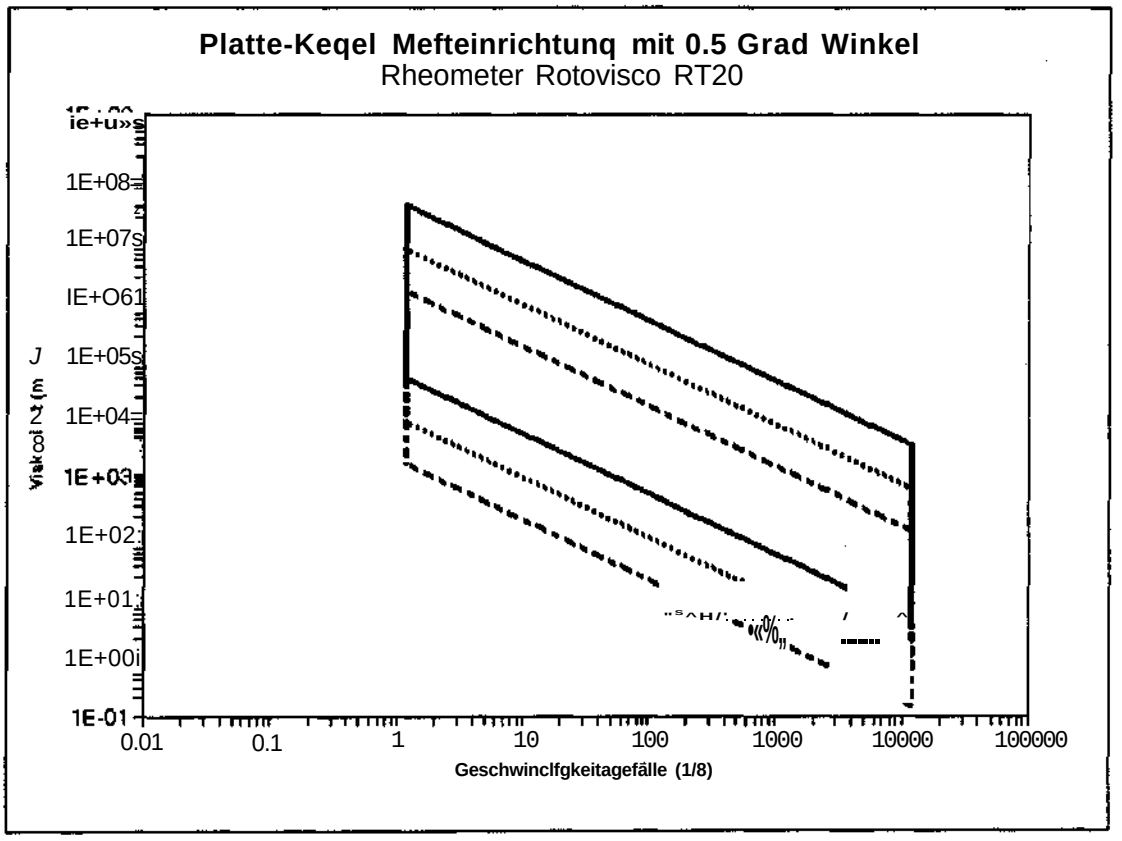
$$\text{MeBfehler der Viskosität} = 1 - \frac{R3}{(R - AR)^3}$$

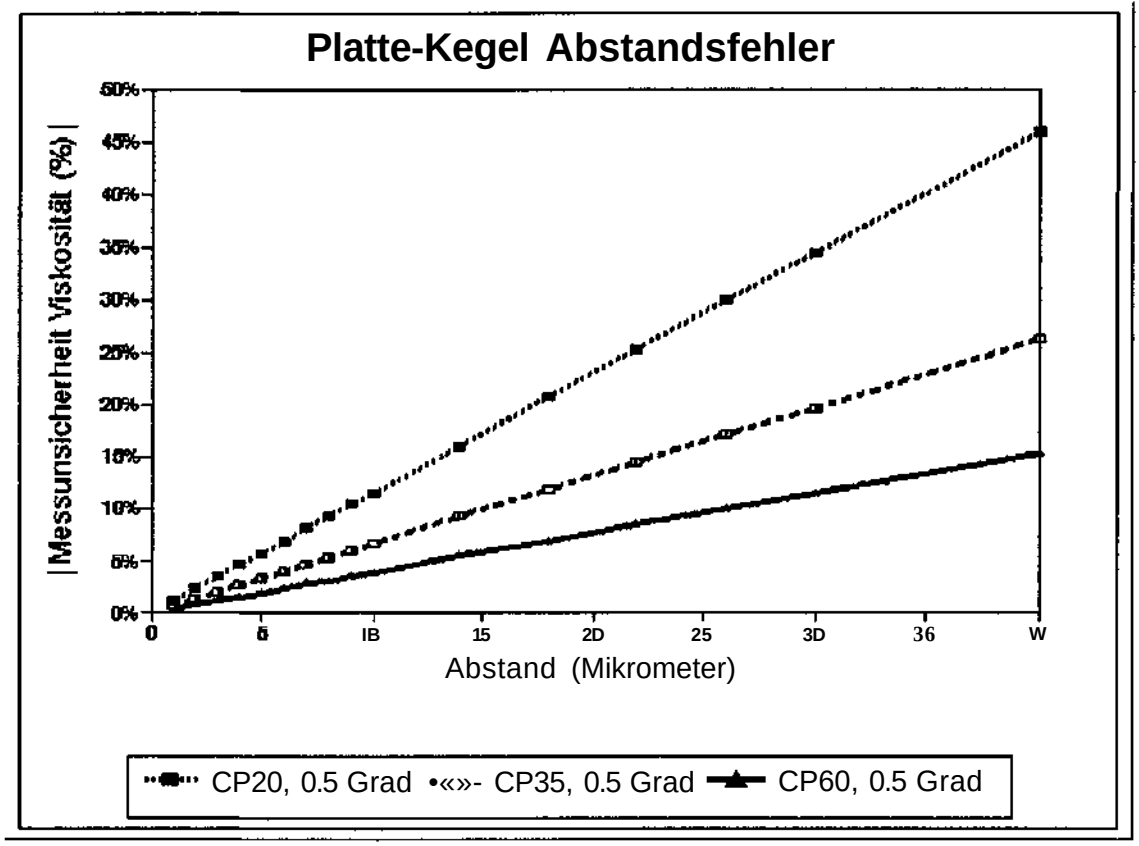
Platte-Kegel MeBeinrichtung mit 0,5° Winkel

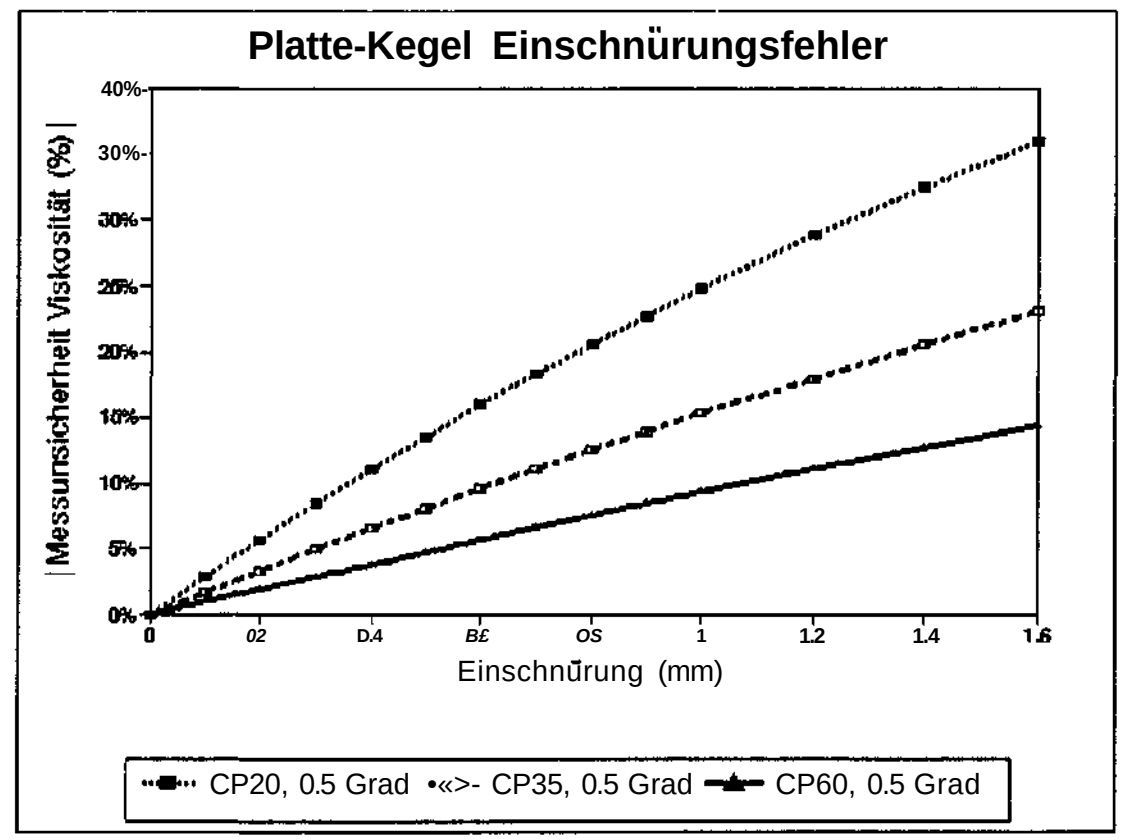
MeBeinrichtung	**C20/0,5**	**C35/0,5**	**C60/0,5**
Standard Kegel Best. Nr.:	222-1260	222-1262	222-1263
Hochtemp. Kegel Best. Nr.:	222-1253	222-1255	222-1257
Radius Rj (mm) *	10,0	17,5	30,0
±A Rj (mm)	0,01	0,01	0,01
Winkel (°) *	0,5	0,5	0,5
Abstand a (mm)			
Massenträgkeit I (10^{-6} kg m^2)	0,5	3	26
Masse m (g)	24	38	84
Material: Stahl Werkstoff Nr.	DIN 1.4112	DIN 1.4112	DIN 1.4112
Mel3platteMP(Stahl18/8)	222-1300	222-1299	222-1298
Radius R_a (mm)	10,05	17,55	30,05
±A R_a (mm)	0,025	0,025	0,025
Probenvolumen (cm^3)	0,01	0,5	1
Dauer-Temperatur max. °C	350/500	350/500	350/500
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm) *	477500	89090	17680
±AA (%)	0,6	0,2	0,1
M (s-Vrad s^{-1}) *	114,6	114,6	114,6
±AM (%)	3	3	3

* Die exakten Werte sind auf dem individuellen Zertifikat dokumentiert.


Platte-Keqel MeBeinrichtunq mit 0.5 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20
Schubspannug (Pa)
100000
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
Qeachwindigkeitngefälle (1 /s)


Platte-Keqel Mefteinrichtunq mit 0.5 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20
1E+08
1E+07
IE+O61
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
1E-01
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
Geschwinclfgkeitagefälle (1/8)


Platte-Kegel Abstandsfehler
|Messunsicherheit Viskosität (%)|
60%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
0
IB
15
2D
25
3D
W
Abstand (Mikrometer)
CP20, 0.5 Grad
CP35, 0.5 Grad
CP60, 0.5 Grad

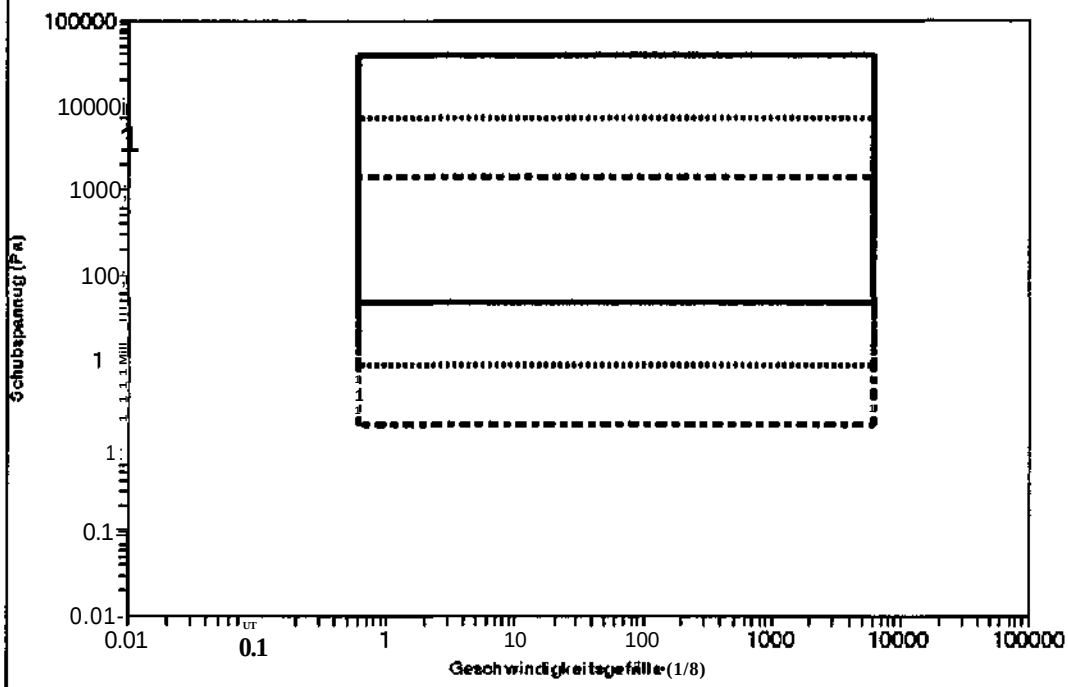

Platte-Kegel Einschnürungsfehler
|Messunsicherheit Viskosität (%)|
40%
30%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
0
02
D.4
OS
1
1.2
1.4
Einschnürung (mm)
CP20, 0.5 Grad
CP35, 0.5 Grad
CP60, 0.5 Grad

Platte-Kegel MeBeinrichtung mit 1° Winkel

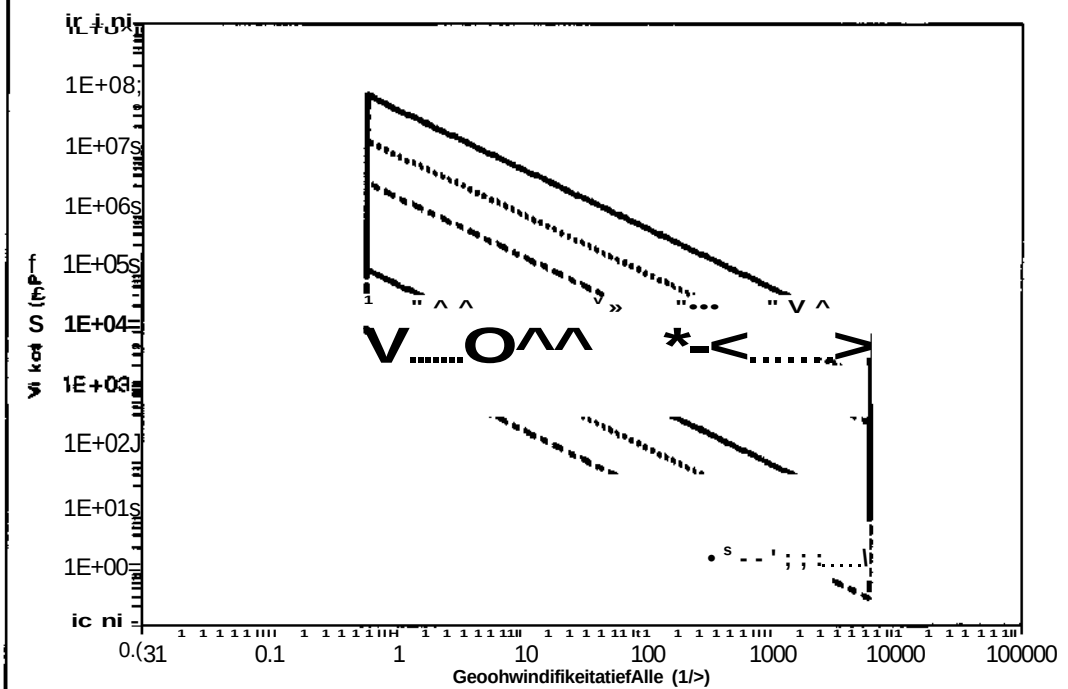
MeBeinrichtung	C20/1	C35/1	C60/1
Standard Kegel Best. Nr.:	222-0589	222-0591	222-0593
Hochtemp. Kegel Best. Nr.:	222-0598	222-0600	222-0602
Radius Rj (mm) *	10,0	17,5	30,0
±A Rj (mm)	0,01	0,01	0,01
Winkel (°) *	1	1	1
Abstand a (mm)	0,052	0,052	0,052
Massenträgkeit I (10^{-6} kg m^2)	0,5	3	26
Masse m (g)	24	38	84
Material: Stahl Werkstoff Nr.	DIN 1.4112	DIN 1.4112	DIN 1.4112
MeBplatteMP(Stahl18/8)	222-1300	222-1299	222-1298
Radius R_a (mm)	10,05	17,55	30,05
± A R_a (mm)	0,025	0,025	0,025
Probenvolumen (cm^3)	0,02	0,2	1
Dauer-Temperatur max. °C	350/500	350/500	350/500
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm) *	477500	89090	17680
±AA (%)	0,9	0,2	0,1
M (s'Vrad s^{-1}) *	57,3	57,3	57,3
±AM (%)	3	3	3

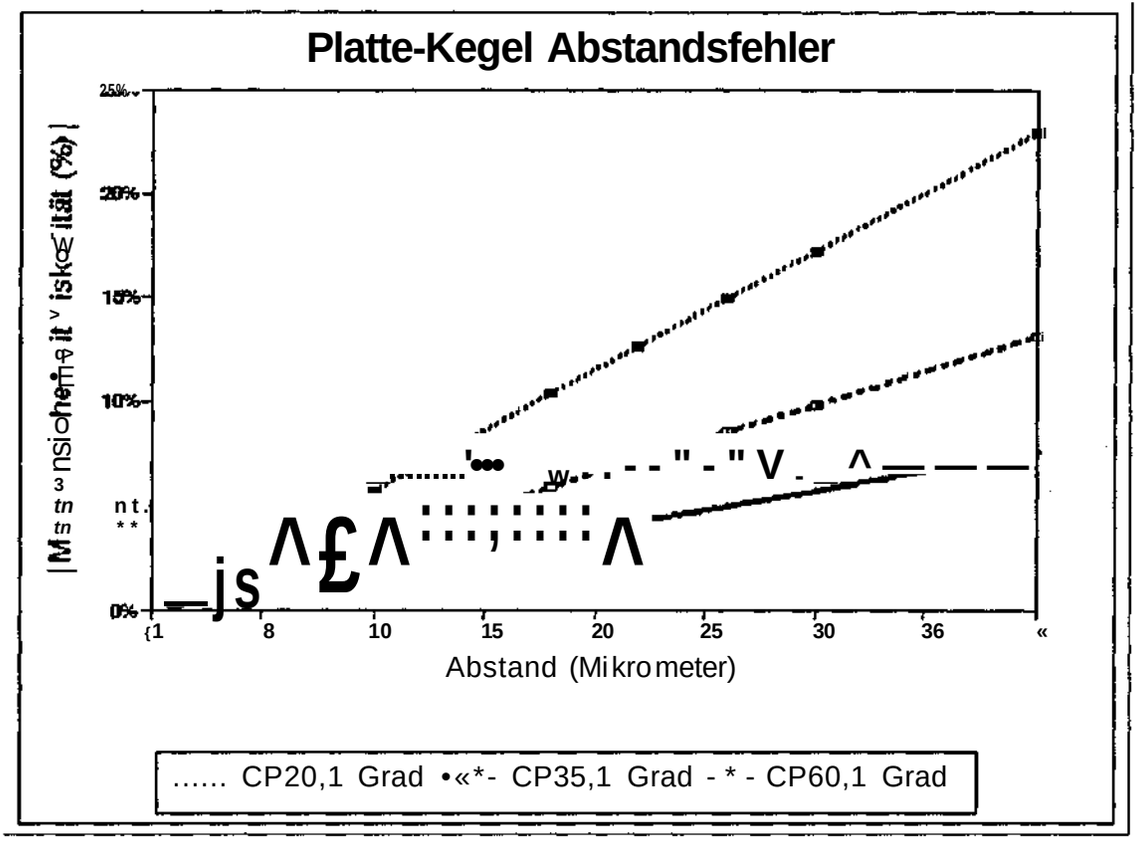
* Die exakten Werte sind auf dem individueilen Zertifikat dokumentiert.

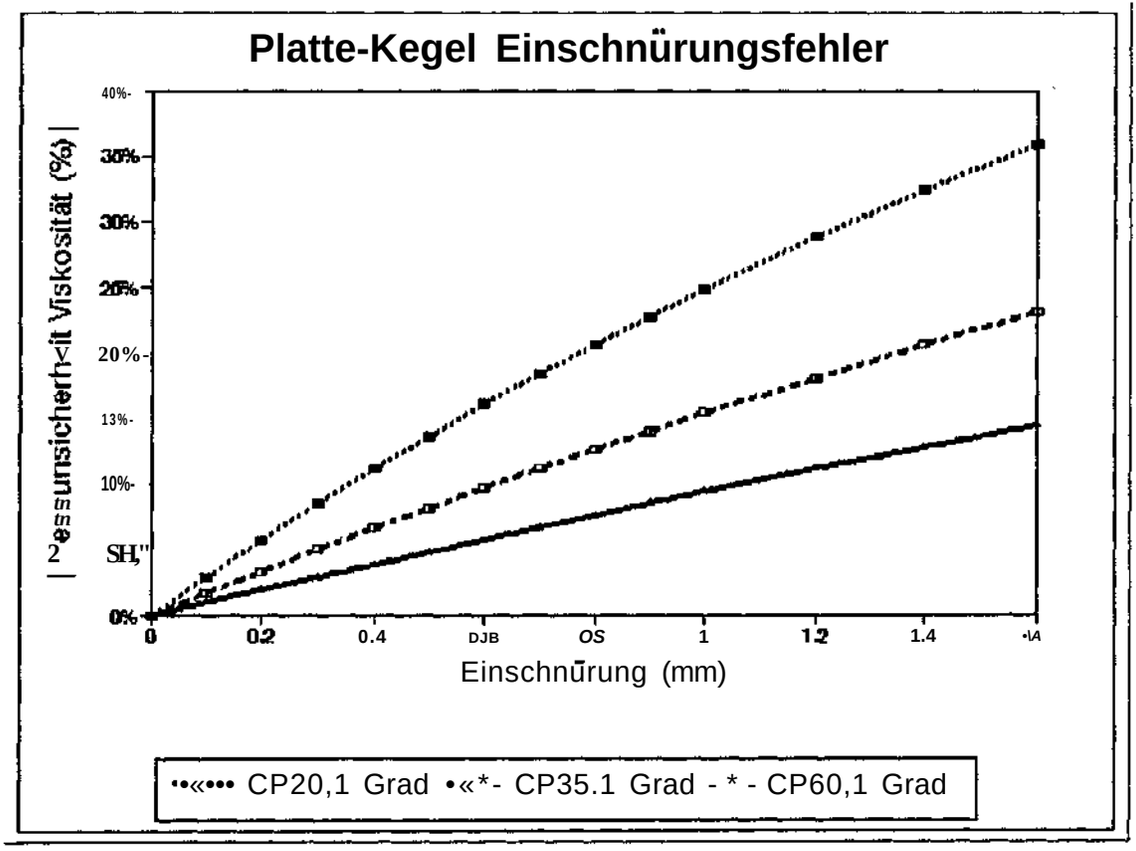
Platte-Keqel Me&einrichtunq mit 1 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20



Platte-Keqel Mel3einrichtunq mit 1 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20



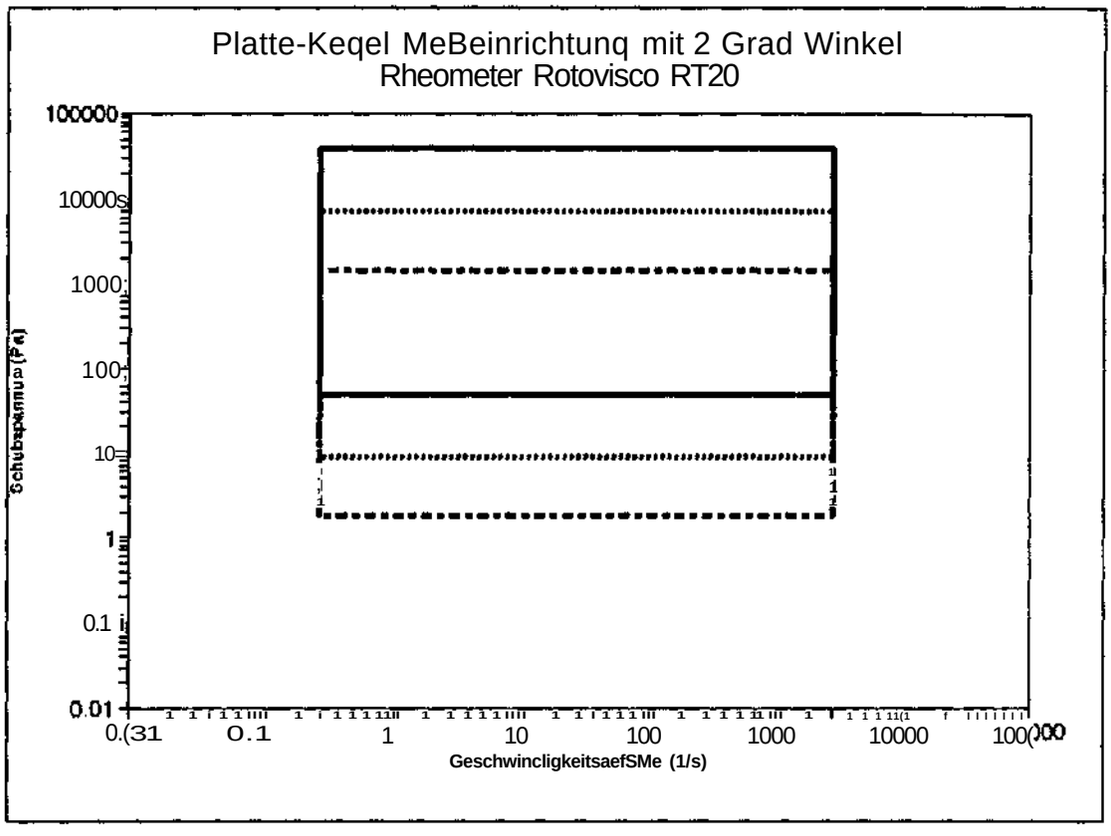

Platte-Kegel Abstandsfehler
25%
20%
15%
10%
0%
{1
8
10
15
20
25
30
36
«
Abstand (Mikrometer)
..... CP20,1 Grad •«*- CP35,1 Grad - * - CP60,1 Grad

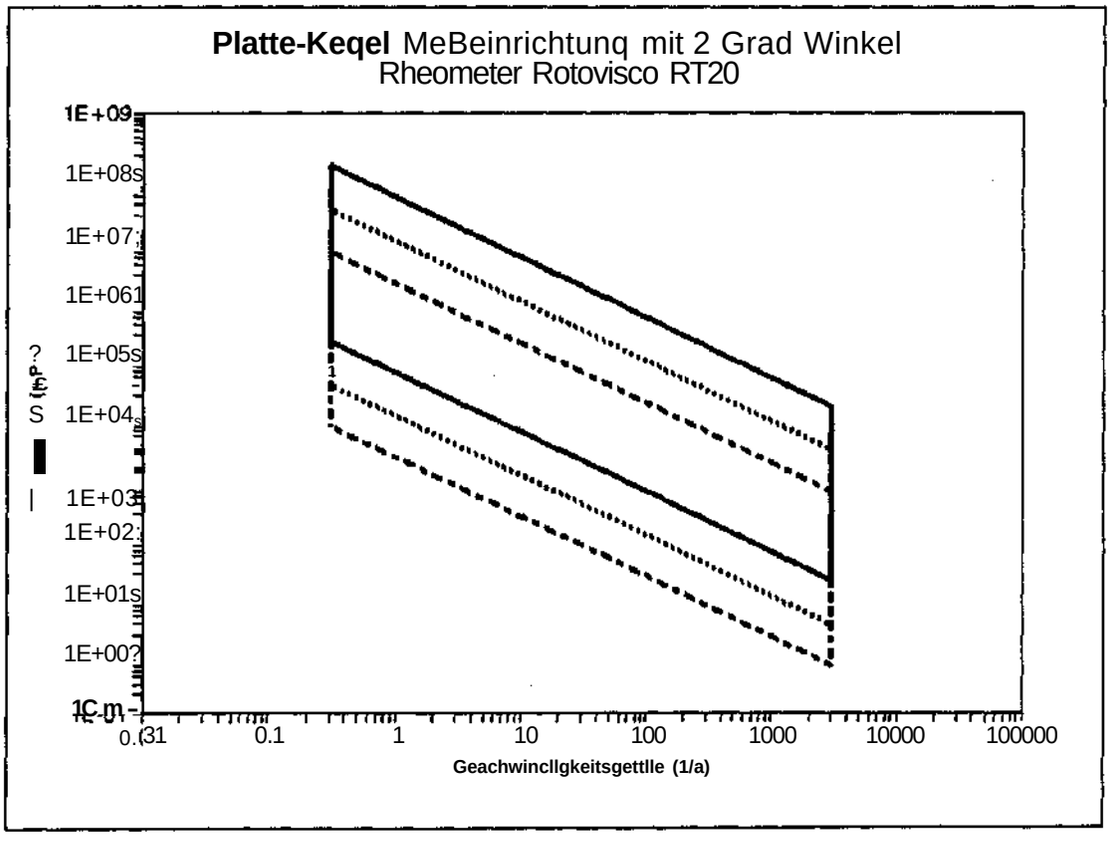

Platte-Kegel Einschnürungsfehler
40%-
30%-
20%-
13%-
10%-
0%
0
0.2
0.4
DJB
OS
1
1.2
1.4
Einschnürung (mm)
•«••• CP20,1 Grad •«*- CP35.1 Grad - * - CP60,1 Grad

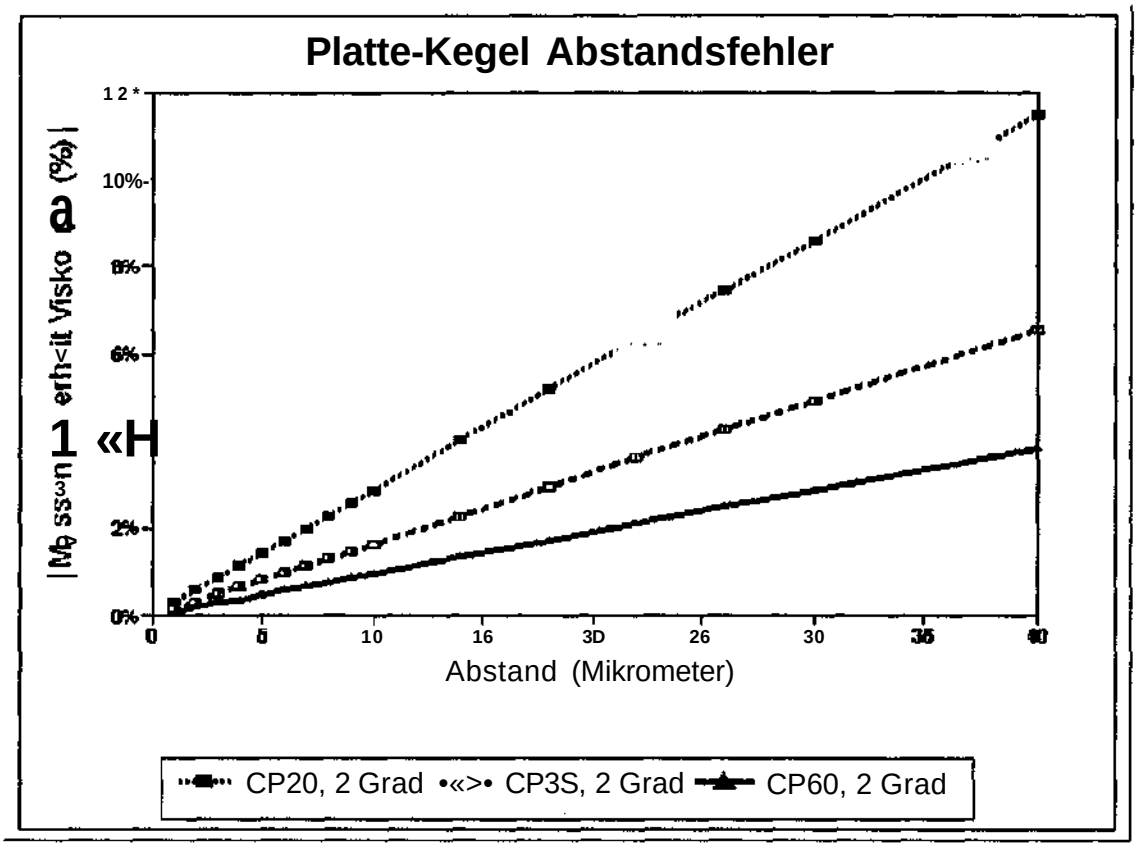
Platte-Kegel MeReinrichtung mit 2° Winkel

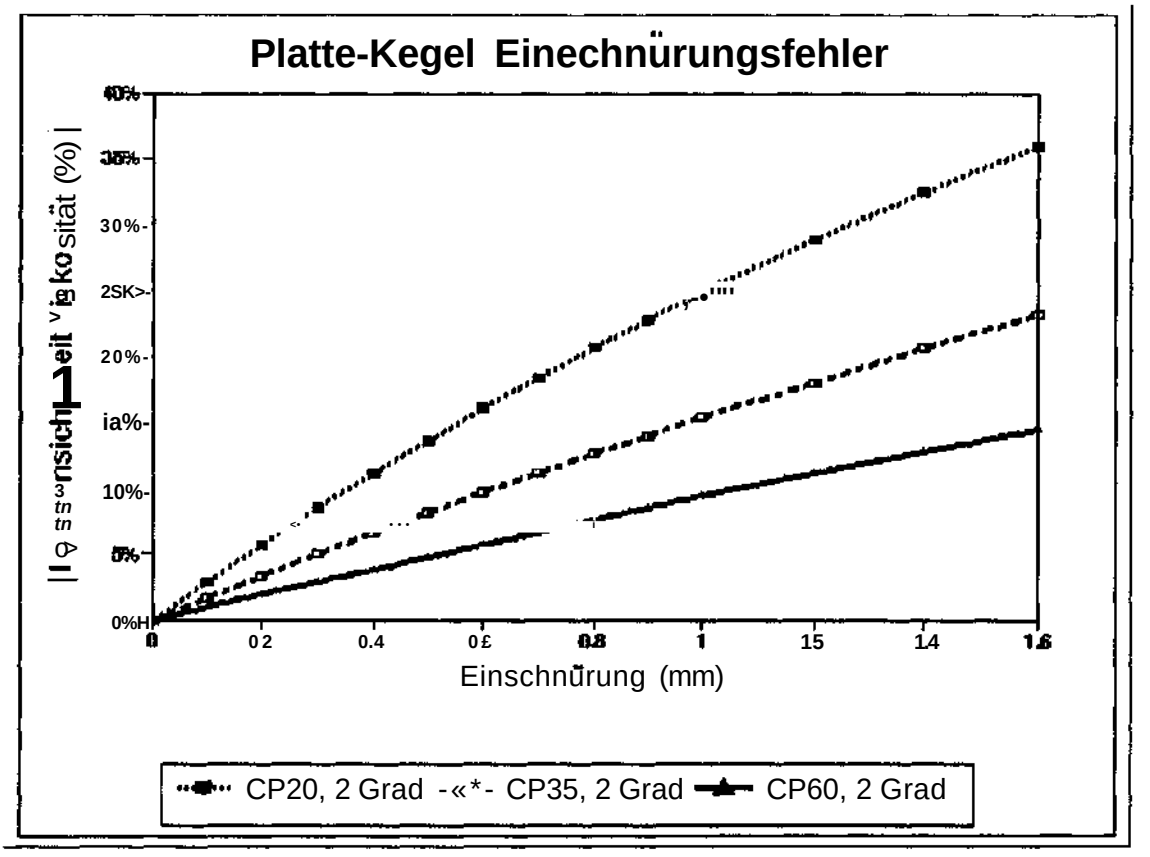
MeBeinrichtung	C20/2	C35/2	C60/2
Standard Kegel Best. Nr.:	222-1254	222-1256	222-1258
Hochtemp. Kegel Best. Nr.:	222-1260	222-1262	222-1264
Radius Rj (mm) *	10,0	17,5	30,0
±A Rj (mm)	0,01	0,01	0,01
Winkel (°)	2	2	2
Abstand a (mm) *	0,087	0,087	0,087
Massenträgkeit I (10^{-6} kg m^2)	0,5	3	26
Masse m (g)	24	38	84
Material: Stahl Werkstoff Nr.	DIN 1.4112	DIN 1.4112	DIN 1.4112
Me6platteMP(Stahl18/8)	222-1300	222-1299	222-1298
Radius R_a (mm)	10,05	17,55	30,05
±A R_a (mm)	0,025	0,025	0,025
Probenvolumen (cm^3)	0,05	1,5	2
Dauer-Temperatur max. °C	350/500	350/500	350/500
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm) *	477500	89090	17680
± AA (%)	0,6	0,2	0,1
M(s-Vrads-^{1})*	28,65	28,65	28,65
±AM (%)	3	3	3

* Die exakten Werte sind auf dem individuellen Zertifikat dokumentiert.


Platte-Keqel MeBeinrichtunq mit 2 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20
100000
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.(31
0.1
1
10
100
1000
10000
100(00
GeschwincligkeitsaefSMe (1/s)


Platte-Keqel MeBeinrichtunq mit 2 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
0.(31
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
Geachwincllgkeitsgettlle (1/a)

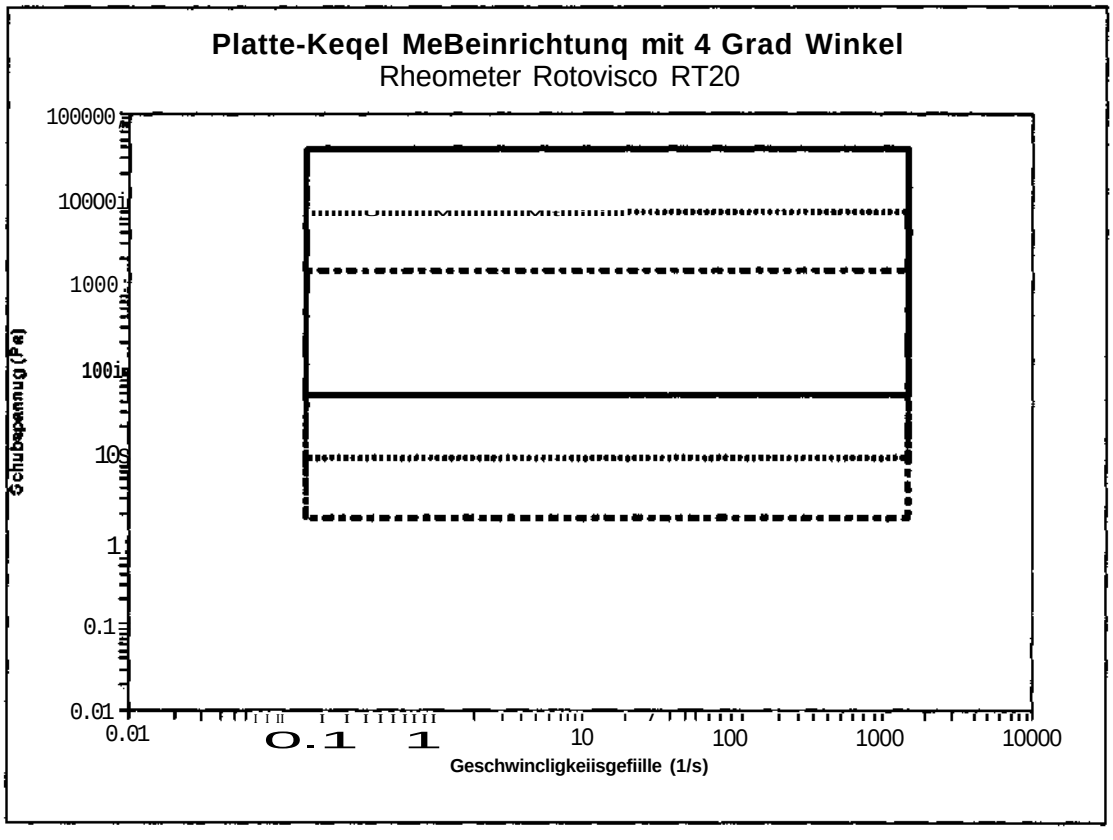

Platte-Kegel Abstandsfehler
12*
10%-
8%
6%
2%
0%
0
5
10
16
3D
26
30
35
Abstand (Mikrometer)
CP20, 2 Grad
CP3S, 2 Grad
CP60, 2 Grad

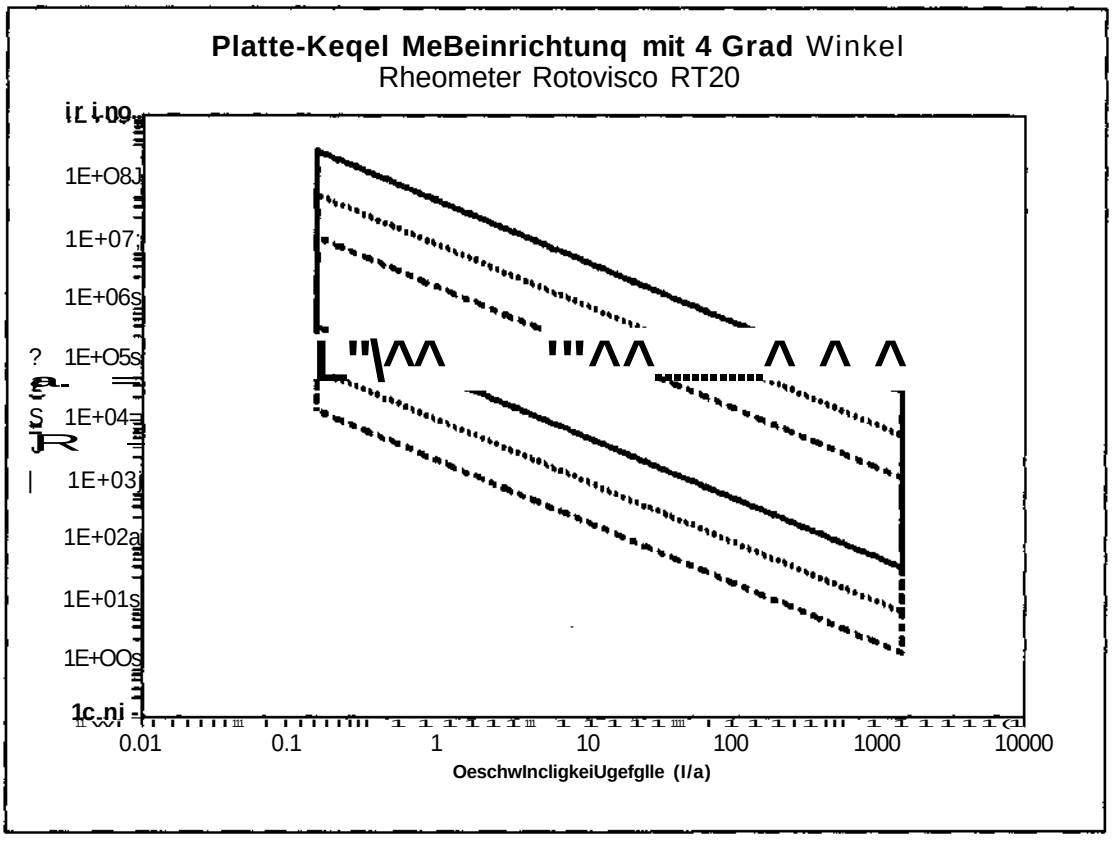

Platte-Kegel Einechnürungsfehler
40%
35%
30%-
2SK>-
20%-
ia%-
10%-
5%
0%H
0
02
0.4
0£
0.8
1
15
14
Einschnürung (mm)
CP20, 2 Grad
CP35, 2 Grad
CP60, 2 Grad

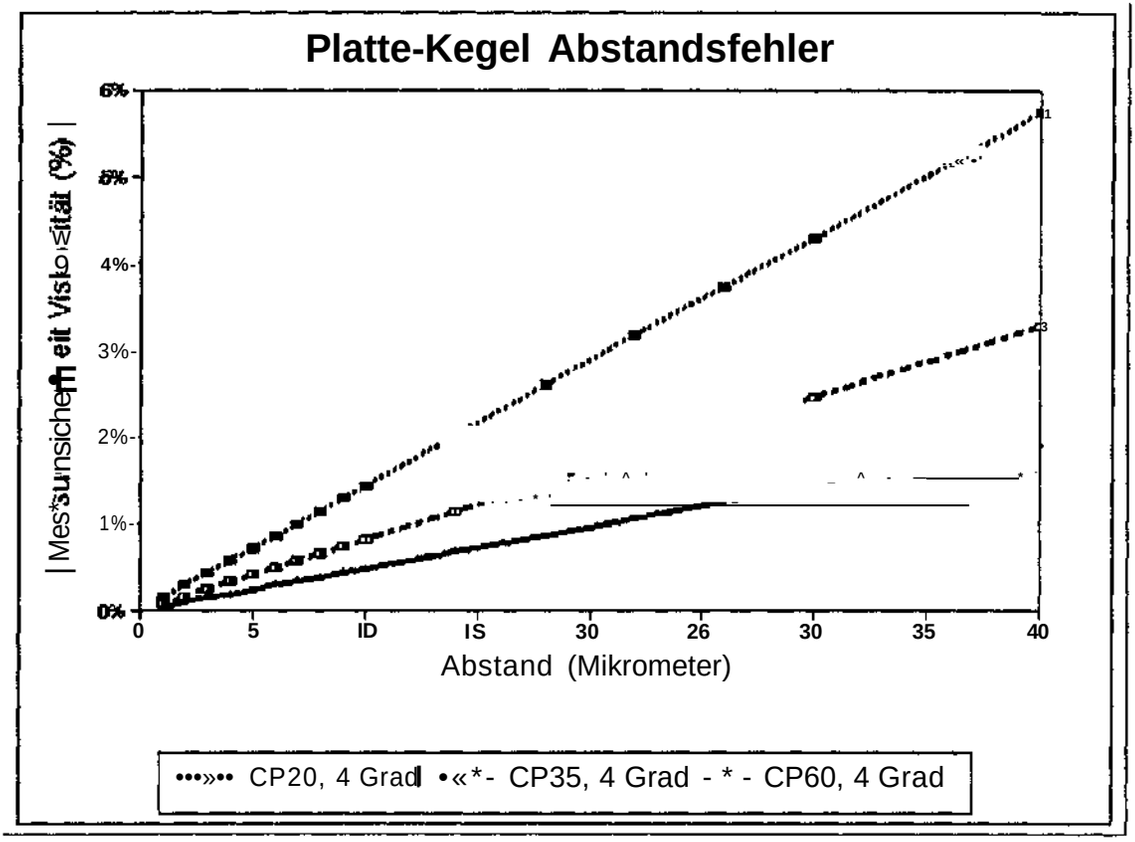
Platte-Kegel MeBeinrichtung mit 4° Winkel

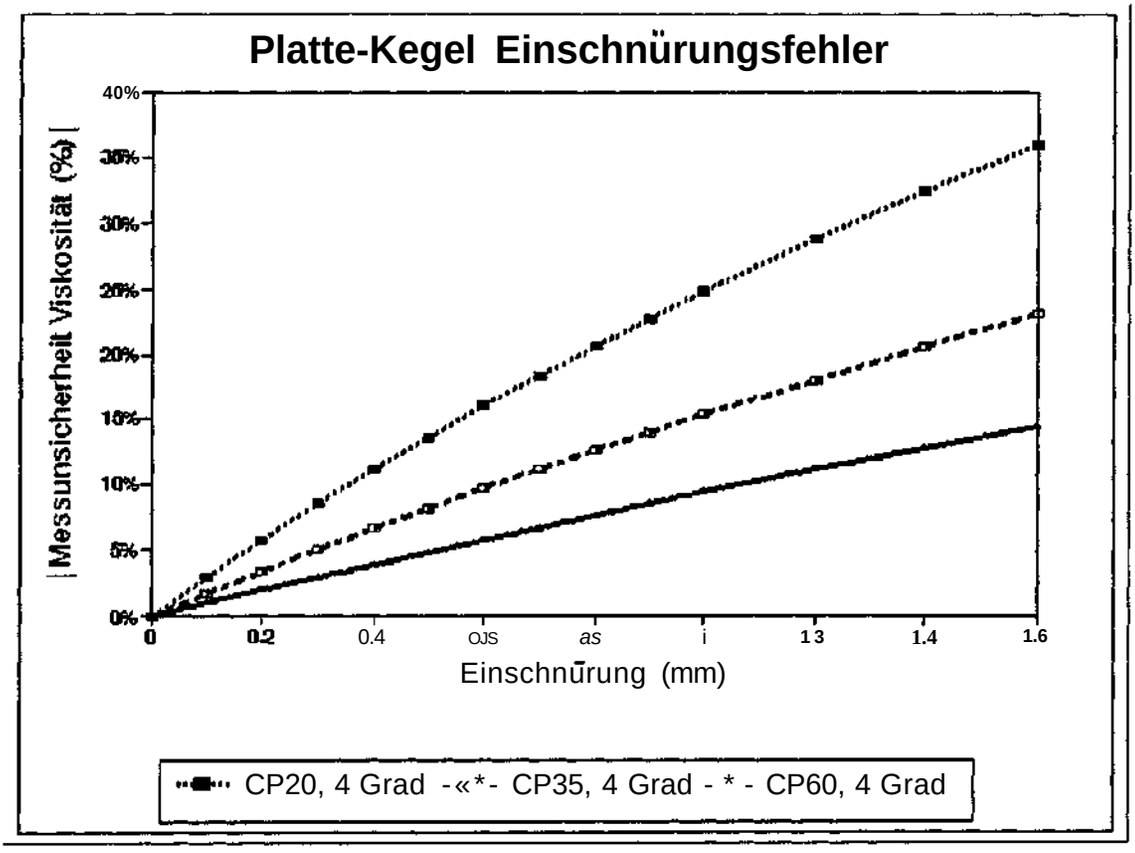
MeBeinrichtung	C20/4	C35/4	C60/4
Standard Kegel Best. Nr.:	222-0590	222-0592	222-0594
Hochtemp. Kegel Best. Nr.:	222-0599	222-0601	222-0603
Radius Rj (mm) *	10,0	17,5	30,0
±A Rj (mm)	0,01	0,01	0,01
Winkel (°) *	4	4	4
Abstand a (mm)	0,14	0,14	0,14
Truncation Durchmesser (mm)	2	2	2
Massenträgkeit I ($10'^{6}$ kg m^2)	0,49	3,1	29
Masse m (g)	29,3	39,1	94
Material: Stahl Werkstoff Nr.	DIN 1.4112	DIN 1.4112	DIN 1.4112
Me(3platteMP(StahM8/8)	222-1300	222-1299	222-1298
Radius R_a (mm)	10,05	17,55	30,05
±A R_a (mm)	0,025	0,025	0,025
Probenvolumen (cm^3)	0,1	0,8	4
Dauer-Temperatur max. °C	350/500	350/500	350/500
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm) *	477500	89090	17680
±A A (%)	0,3	0,2	0,1
M (s-Vrad s'^{1}) *	14,32	14,32	14,32
±A M (%)	0,8	0,8	0,8

* Die exakten Werte sind auf dem individuellen Zertifikat dokumentiert.


Platte-Keqel MeBeinrichtunq mit 4 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20
100000
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
Schubspannug (Pa)
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
Geschwincligkeiisgefiille (1/s)


Platte-Keqel MeBeinrichtunq mit 4 Grad Winkel
Rheometer Rotovisco RT20
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
OeschwIncligkeiUgefglle (I/a)

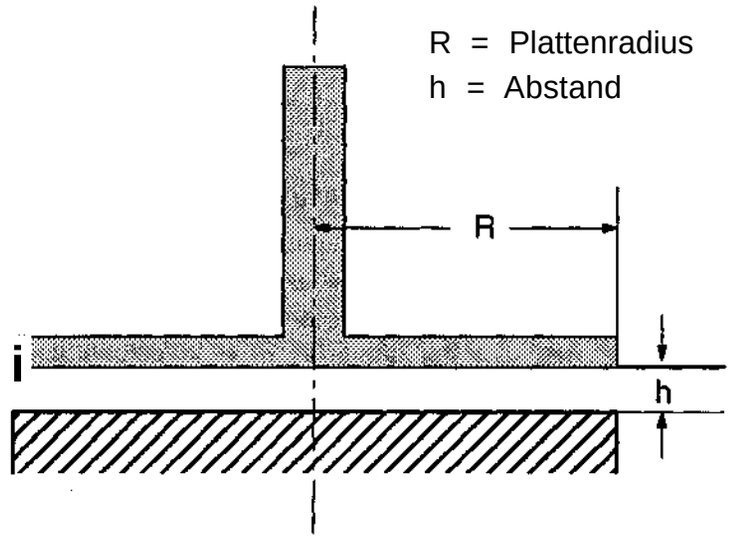

Platte-Kegel Abstandsfehler
Messunsicherheit Viskosität (%)
6%
5%
4%
3%
2%
1%
0%
0
5
ID
IS
30
26
30
35
40
Abstand (Mikrometer)
CP20, 4 Grad
CP35, 4 Grad
CP60, 4 Grad


Platte-Kegel Einschnürungsfehler
Messunsicherheit Viskosität (%)
40%
30%
20%
10%
0%
0
0.2
0.4
1.4
1.6
Einschnürung (mm)
CP20, 4 Grad
CP35, 4 Grad
CP60, 4 Grad

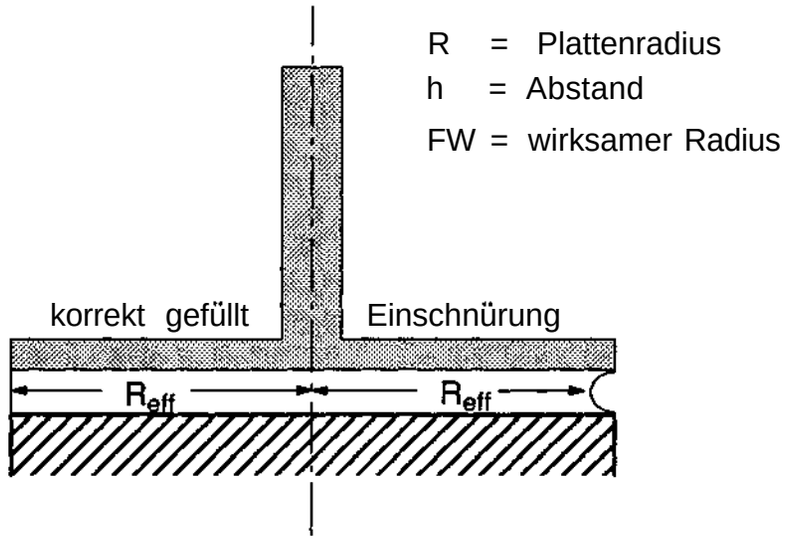
10.2.2 Platte-Platte MeBeinrichtungen

Die Platte-Platte MeBeinrichtung wird durch den Plattenradius und den variablen Abstand zwischen fester und beweglicher Platte bestimmt. Dieser Abstand sollte nicht kleiner als 0,5 mm und nicht gröBer als 3 mm gewähit werden, da sonst substanzbedingte MeBfehler auftreten können.

Geometrle:



Der Plattenabstand sollte mindestens urn den Faktor 3 grösser sein als die gröBten Partikel in der Substanz. Die Platte-Platte MeBeinrichtung muB sehr sorgfältig gefüllt werden, urn MeBfehler zu minimieren. Sowohl Unter- als auch Überfüllen rufen MeBfehler hervor.



Berechnungsgleichungen

Schubspannung x

Die Schubspannung x ist proportional dem Drehmoment 'Md' und dem Schubfaktor 'A'.

$$x = A \cdot Md$$

Der Faktor 'A ist wie folgt berechenbar. Er hat die Einheit eines inversen Volumens:

$$A = \frac{2}{n \cdot R^3}$$ mit R = Plattenradius [mm]

Geschwindigkeitsgefälle ẏ

Das Geschwindigkeitsgefälle ẏ ist proportional der Winkelgeschwindigkeit bzw. Drehzahl und dem Scherfaktor M.

$$\dot{Y} = M \cdot Q$$

Die Winkelgeschwindigkeit *Q.* berechnet sich aus der Drehzahl n nach $Q = \frac{2i \cdot n}{60}$.

Der Faktor 'M' berechnet sich zu:

$$M = \frac{R}{h}$$ mit R = Plattenradius [mm]
h = eingestellter Abstand [mm]

Deformation y:

Die Deformation *y* ist proportional der Winkelauslenkung und dem Scherfaktor M.

$y = M \cdot (p$ mit cp = Verdrehungswinkel [rad]

Es gibt die Umrechnungsformel:

1 rad = 57,296 Grad bzw. 1 Grad = 0,0174 rad

Hlnwels!
Das Geschwindigkeitsgefälle $\dot{y}$ ändert sich bei dieser MeBeinrichtung mit dem Radius; es ist in der Mitte gleich 0 (R = 0) und hat einen Maximalwert am Rand (R = R).
Die in der Tabelle angegebenen Werte beziehen sich auf R = RR, d.h. am Plattenrand. Für nicht-newtonsche Substanzen muG die zu diesem Wert gehö"rende Schubspannung berechnet werden, urn korrekte Viskositätsergebnisse zu bekommen.

Die Gleichung dafür lautet:

$$T = Md \cdot \frac{3+n}{4} \left(\frac{2}{U \cdot R3J} \right)$$

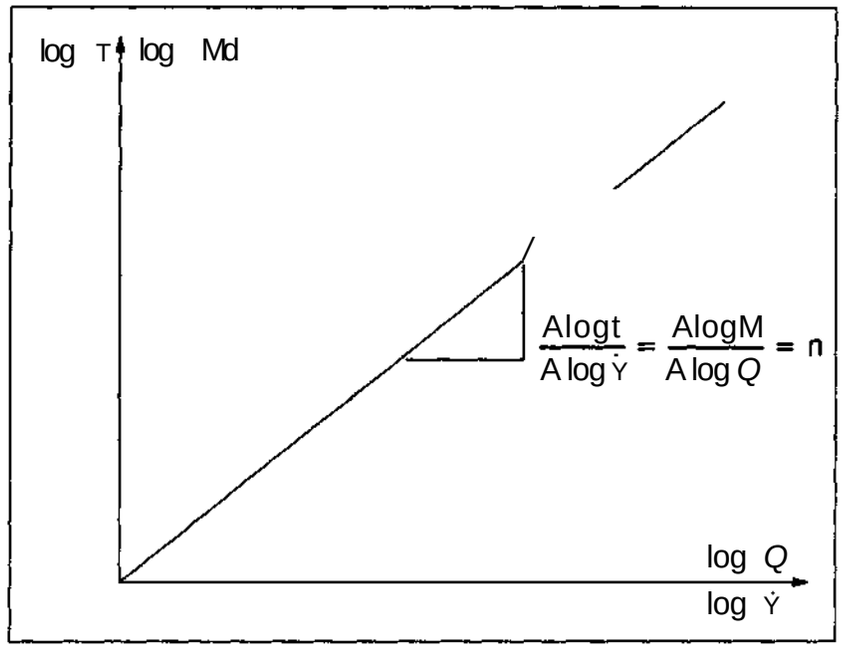
A = Schubfaktor
Md = Drehmoment
R = Plattenradius
n = Strukturexponent des Ostwald FlieBgesetzes

$$T = Md \cdot A \cdot \frac{3+n}{4} \qquad n = \frac{A \cdot \log Md}{A \cdot \log Q_R}$$

Oder

x (nicht-Newtonsch) = x (Newtonsch) • (3 + n) / 4

x (nicht-Newtonsch) = Md • A • (3 + n) / 4



Graphische Bestimmung des Strukturexponenten 'n'

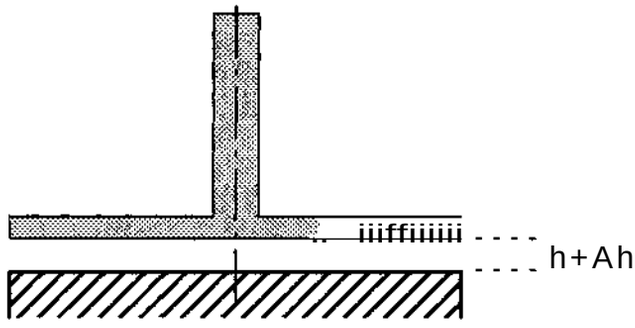
MeGfehler parallele Platten

Bei Platte-Platte MeBeinrichtungen ergeben sich signifikante MeBfehler, wenn...

- der Abstand zwischen Platte-Platte nicht eingehalten wird,
- die Befüllung nicht korrekt erfolgt.

Beide MeBfehler können quantitativ abgeschätzt werden:

1. Abstandsfehler parallele Platten



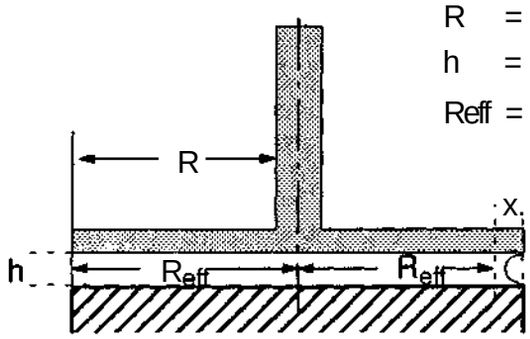
Wird der gewünschte und am Rheometer gesetzte Abstand **h** nicht eingehalten, so ergibt sich eine MeBunsicherheit von:

MeBunsicherheit = Ah / h

2. Einschnürungsfehler mit Platte-Platte

Wird eine Platte-Platte MeBeinrichtung unzureichend gefiillt oder entleert sich der Spalt während einer Messung, so entstehen signifikante MeBfehler. Diese Unterfüllung kann als "Einschnürung" bezeichnet werden und wird durch eine Abnahme des effektiven Radius gekennzeichnet.

R = Plattenradius
h = Abstand
Reff = wirksamer Radius



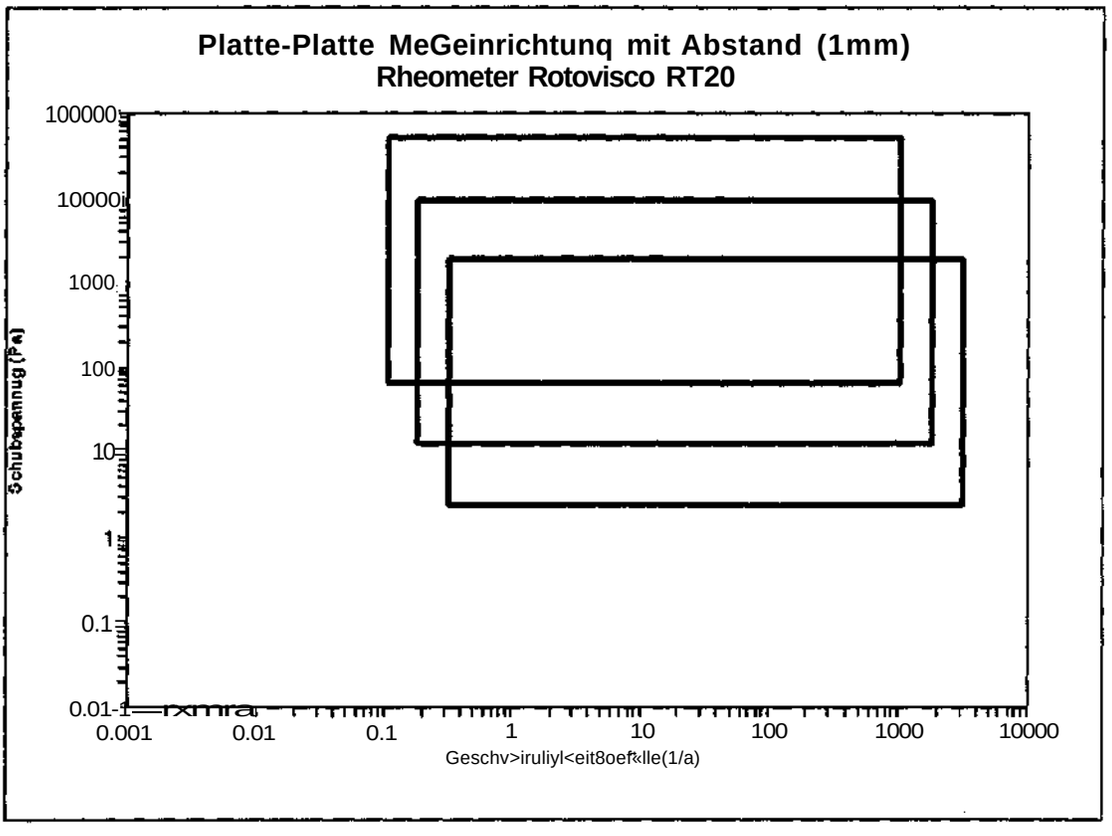
Reft = Rpiatte - Einschnürung x

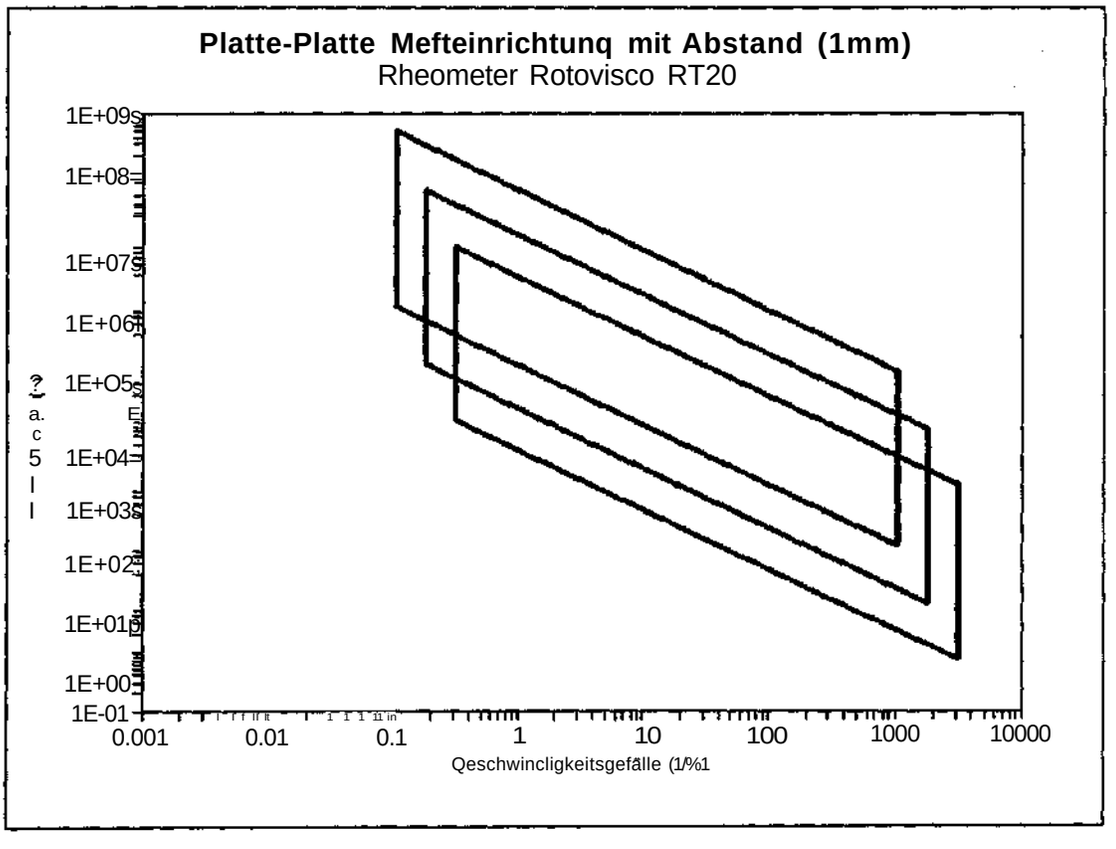
MeBunsicherheit

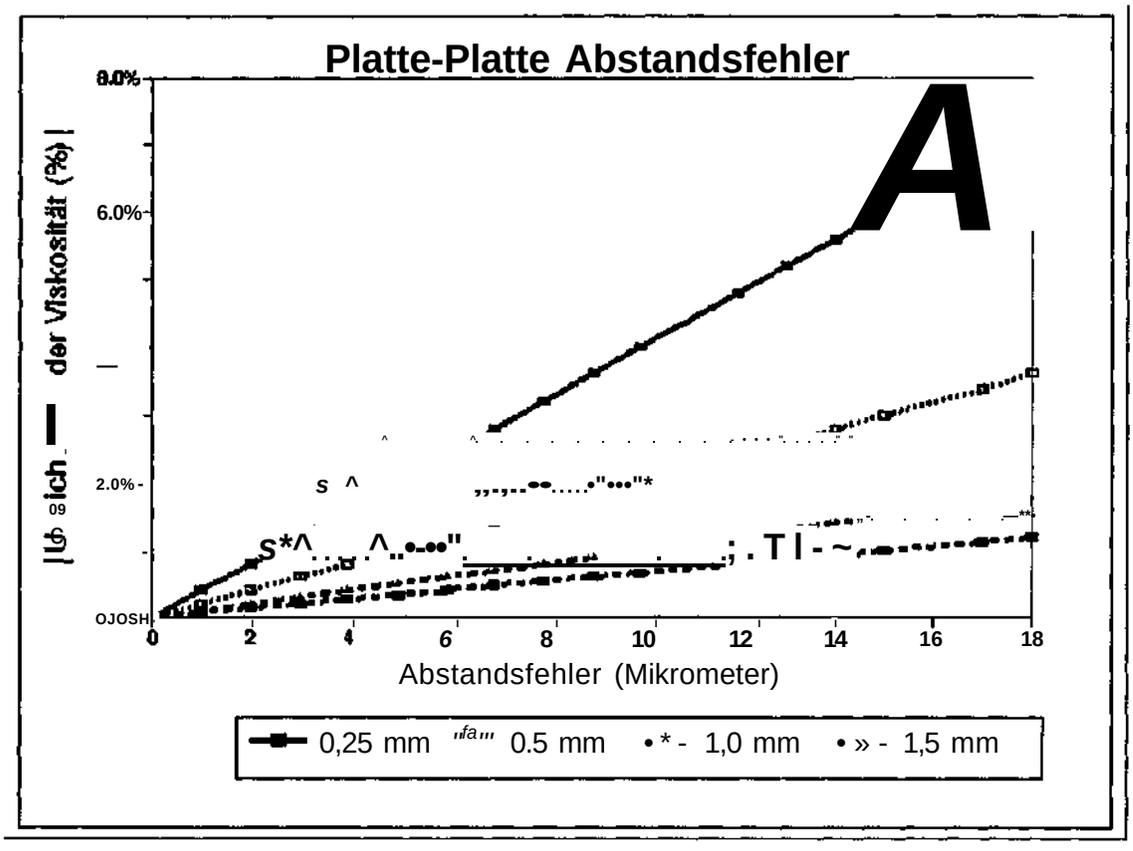
der Viskosität $= \frac{\text{tlkotr}}{\text{*!korrekt}} y \frac{\text{tiF9hl9r}}{} = 1 - \frac{R^4}{(R - x)^4}$

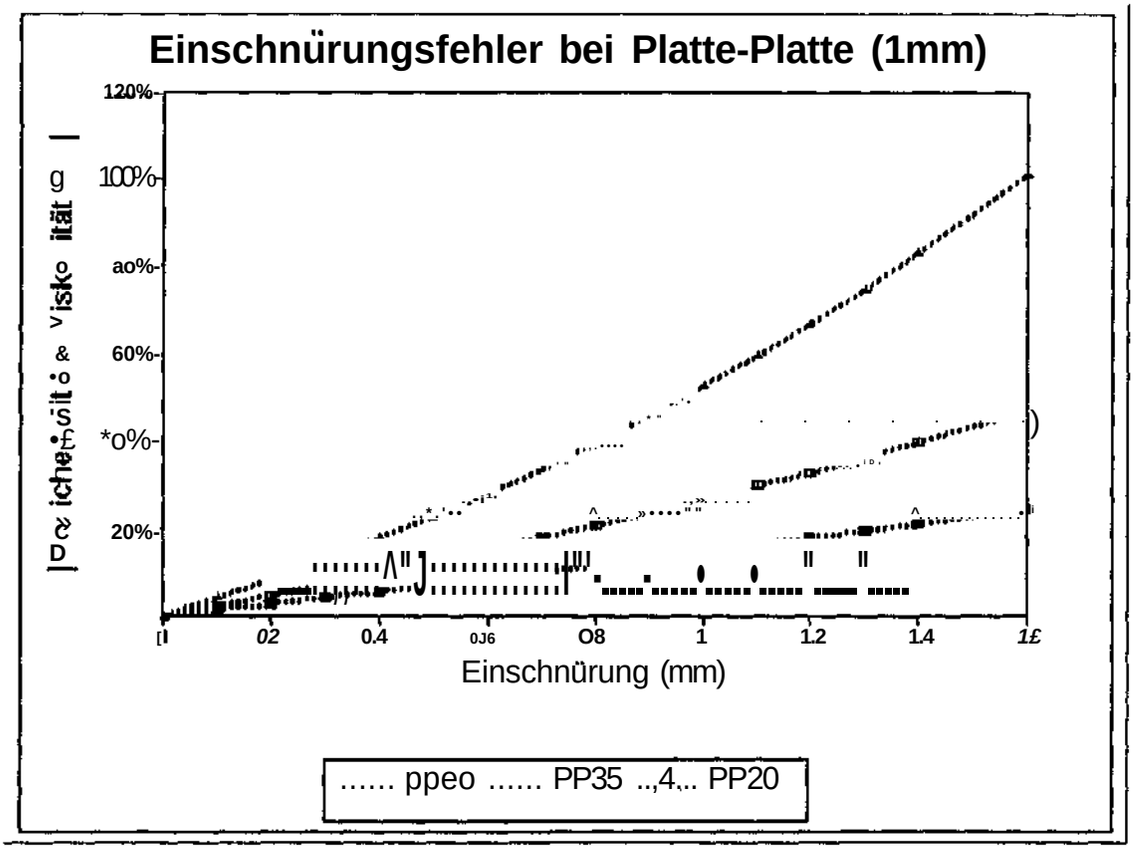
Platte-Platte MeBeinrichtung mit variablem Abstand

MeBeinrichtung	PP20	PP35	PP60
Standard Platte Best. Nr.:	222-0586	222-0587	222-0588
Hochtemp. Platte Best. Nr.:	222-0595	222-0546	222-0597
Radius Rj (mm)	10	17,5	30
±A R| (mm)	0,002	0,0035	0,006
Abstand (mm)	1	1	1
Massenträgkeit I (10^{-6} kg m^2)	0,48	2,9	26
Masse m (g)	24,2	37,5	83,7
Material: Stahl Werkstoff Nr.	DIN 1.4112	DIN 1.4112	DIN 1.4112
Mel3platteMP(Stahl18/8)	222-1300	222-1299	222-1298
Radius R_a (mm)	10,05	17,55	30,05
±A R_a (mm)	0,025	0,025	0,025
Probenvolumen (cm^3)	0,4	1	4
Dauer-Temperatur max. °C	350/500	350/500	350/500
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm)	636600	118800	23580
±AA (%)	0,3	0,2	0,1
M (s'Vrad s^{*1}) für 1 mm	10	17,5	30
±AM (%)	0,1	0,1	0,1


Platte-Platte MeGeinrichtunq mit Abstand (1mm)
Rheometer Rotovisco RT20
100000
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
Geschv>iruliyl<eit8oef«lle(1/a)


Platte-Platte Mefteinrichtunq mit Abstand (1mm)
Rheometer Rotovisco RT20
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
1E-01
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
Qeschwincligkeitsgefälle (1/%1


Platte-Platte Abstandsfehler
A
8.0%
6.0%
2.0%
OJOSH
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
Abstandsfehler (Mikrometer)
0,25 mm
0.5 mm
1,0 mm
1,5 mm


Einschnürungsfehler bei Platte-Platte (1mm)
120%
100%
ao%
60%
20%
0.4
1
1.2
1.4
Einschnürung (mm)
..... ppeo ..... PP35 ..,4,.. PP20

10.2.3 Doppelkegel-MeBeinrichtungen

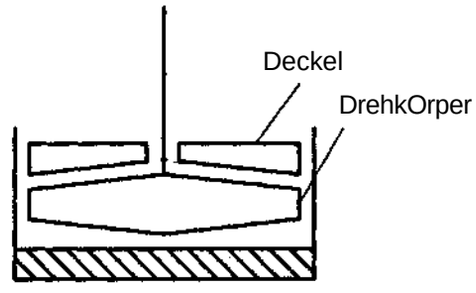
Applikation

Die Doppelkegel-MeBeinrichtung wird für Messungen an extrem niedrigviskosen Flüssigkeiten eingesetzt, wenn nur wenig Substanz zur Verfügung steht und/oder wo Oberflächeneffekte erwartet werden. Gute Erfahrungen liegen mit den Flüssigkeiten Blut und (niedrigviskosen) Tinten vor.

Geometrie

Die Geometrie ist so gewählt, dal3 das Geschwindigkeitsgefälle an beiden Kegelflächen gleich ist. Der Beitrag des zylindrischen MeBspaltes ist ca. 10% der Gesamtschubspannung. Drei unterschiedliche Kegel mit jeweils passendem Deckel stehen zur Verfügung. Die Drehkörper sind aus Aluminium, urn das Massenträgheitsmoment klein zu halten.

Deckel und DrehkSrper 4° 222-1230
Deckel und Drehkörper 2° 222-1229
Deckel und Drehkörper 1° 222-1328

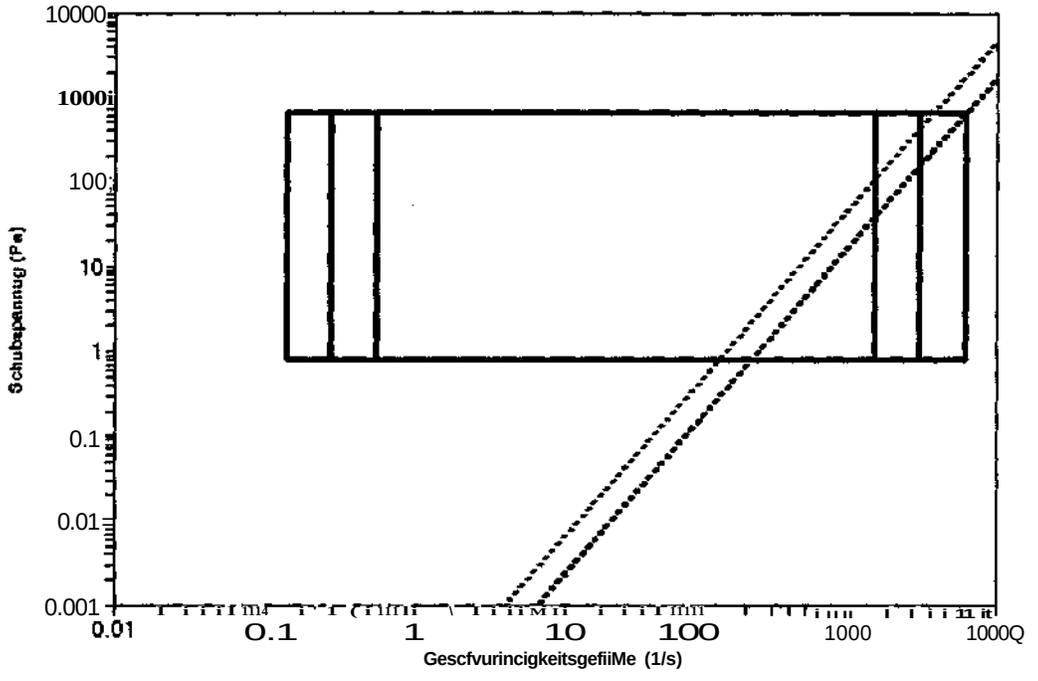


222-1231

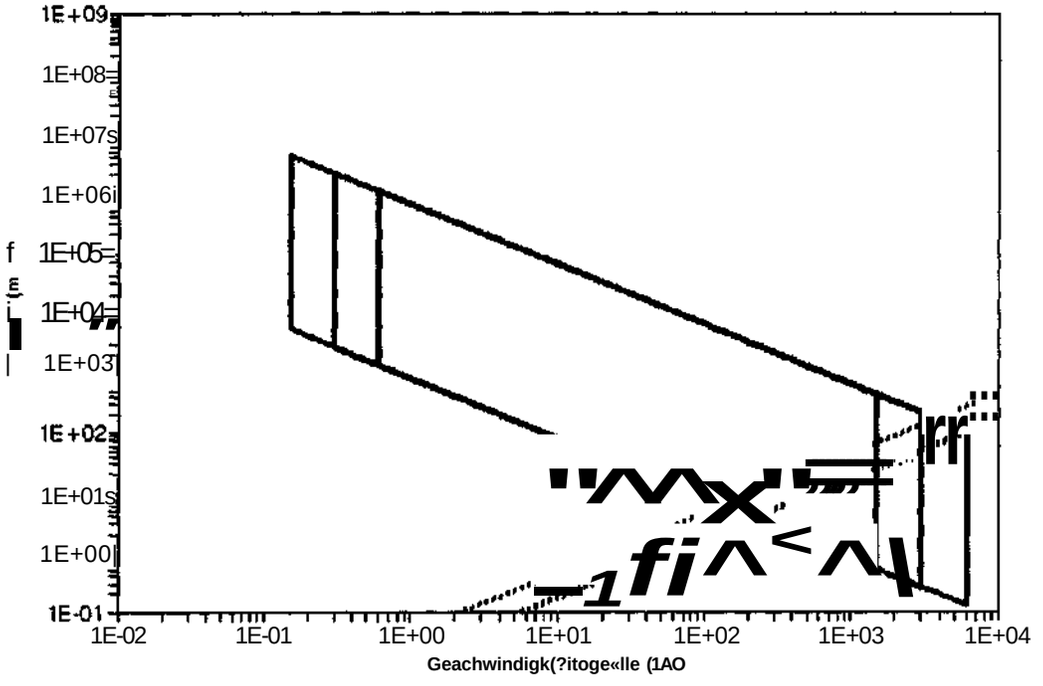
Doppelkegel-MeOeinrichtung DC60

MeBeinrichtung	DC60/4	DC60/2	DC60/1
Standard Kegel Best. Nr.:	222-1230	222-1229	222-1328
Radius Ri (mm)	30,0	31,2	32,0
± A Rf (mm)	0,01	0,01	0,01
Kegelwinkel	4	2	1
Abstand a (mm)	0,14	0,087	0,052
Massenträgkeit I (10^{-6} kg m^2)	9	9	9
Masse m (g)	41	39	37
Material: Aluminium/Armaloy	+	+	+
MeBplatte	222-1231	222-1231	222-1231
Radius R_a (mm)	32,35	32,35	32,35
±A R_a (mm)	0,025	0,025	0,025
Material: Messing/Armaloy	+	+	+
Probenvolumen (cm^3)	10,8	5,4	2,7
Dauer-Temperatur max. °C	200	200	200
Berechnungsfaktoren			
A (Pa/Nm)	8038	8038	8038
±AA (%)	0,5	0,5	0,5
M (s-Vrad s^{-1})	14,32	28,65	57,30
±AM (%)	3	3	3

Doppelkeqel-Mefteinrichtunq DC60
Rheometer Rotovisco RT20



Doppelkeqel-MeSeinrichtunq DC60
Rheometer Rotovisco RT20



11. Pflege / Wartung

Das Rheometer ist ein gleichermaBen robustes wie empfindliches MeBgerät. Er bedarf keiner besonderen Pflege, wenn folgende Regeln beachtet werden:

- harte StöBe oder Schläge vermeiden
- Verbindungskabel und/oder Netzkabel nicht scharfkantig abbiegen, hohen Zugbelastungen oder Temperaturen (gröBer 70 °C) aussetzen.
- wenn Verschmutzung: Lösemittel vermeiden!
  Geräteteile könnten beschädigt werden und/oder giftige oder brennbare Dä'mpfe könnten sich entwickeln.

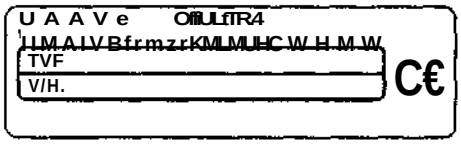
11.1 Wechsel der Fiitereinheit (Bestell-Nr. 222-1211)

Die Fiitereinheit an der Versorgungsleitung der Luftlager (RS-Geräte) muBinfolgendem Intervallgewechselt werden:
- jä'hrlich bei einem Druck von 2,5 bar,
- halbjä'hrlich bei einem Druck von 4 bar.

11.2 Reparatur

Dank des modularen Aufbaus können im Falle eines Schadens oder eines Funktionsfehlers die fehlerhaften Komponenten problemlos gegen einwandfreie Ersatzkomponenten ausgetauscht werden. Reparaturen können normalerweise nur von speziell ausgerüsteten und geschulten Fachwerkstätten ausgeführt werden.

¡ AUF KEINEN FALL sollten Sie versuchen, das Gerät zu öffnen.
HIER KANN L E B E N S G E F A H R BESTEHEN !



Nehmen Sie im Reparaturfall die Dienste Ihres HAAKE-SERVICE in Anspruch.

Sie helfen sich und uns, wenn Sie bei jeder Schadensmeldung die auf dem Typenschild angegebene TYP-Nummer komplett mitteilen.

Adresse des HAAKE-Service:

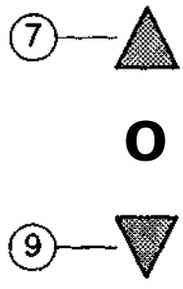
HAAKE SERVICE
OttostraBe 10
76227 Karlsruhe

Telefon 0721/4094-444
Telefax 0721/4094-360

12. Störungen

Das Rheometer ist für eine Umgebungstemperatur von +15 bis +40°C bei einer max. zulässigen Luftfeuchtigkeit von ca. 80% zugelassen. Es wird empfohlen, das MeBgerät in einem klimatisierten Raum zu installieren (T=23°C). Wird das Gerät auBerhalb dieser Umgebungsbedingungen eingesetzt, so muB damit gerechnet werden, daB nicht alle Spezifikationen erreicht werden.

Sicherheitsanzeigen am MeBkopf:



- **Beide Pfeile 7 und 9 blinken:**

  Die Umgebungsbedingungen sind noch nicht erreicht und das MeBgerät ist zu kalt (Aufstellort in kalten Räumen) Oder zu warm (Gerät steht direkt neben einer Wärmequelle oder im Sonnenlicht).
  Erfahrungswerte zeigen, daB das Rheometer die Raumtemperatur innerhalb einer Stunde angenommen hat und dann betriebsbereit ist.

- **Beide Pfeile 7 und 9 leuchten permanent:**

  Das Rheometer ist nicht betriebsbereit. Der HAAKE-Service muB konsultiert werden.

  Bei RS-Geräten Druckluftversorgung prüfen (2,5 bar): Geringer Arbeitsdruck (< 2,5 bar) bedeutet eine reduzierte Tragfähigkeit des Luftlagers und die Gefahr einer Auslenkung durch Normalkräfte.
  Die Luftversorgung muB folgenden Bedingungen genügen:
  kein synthetisches Öl in der Leitung
  max. Olgehalt -> 3 mg/m^3 Luft
  trockene Luft mit Restfeuchte < 40%
  Verbrauch ca. 10 dm^3/Minute

- **Pfeil 7 leuchtet permanent:**

  Die MeBwelle ist axial nach oben ausgelenkt. Eine Messung kann nicht gestartet werden, und der Lift läBt sich nicht bewegen.
  Der MeBtisch kann erst dann wieder bewegt werden, wenn die durch die rote Sicherheitsanzeige gekennzeichnete Störung beseitigt ist.

  In diesem Fall müssen die MeBplatte (MeBbecher) und danach der Rotor (Platte oder Kegel) gelöst werden, urn die MeBplatte zusammen mit dem gelösten Rotor "kräftefrei" mit dem Lift nach unten fahren zu können. Der MeBkegel bzw. die obere Platte lassen sich dann von Hand seitlich verschieben und damit von der unteren MeBplatte trennen.

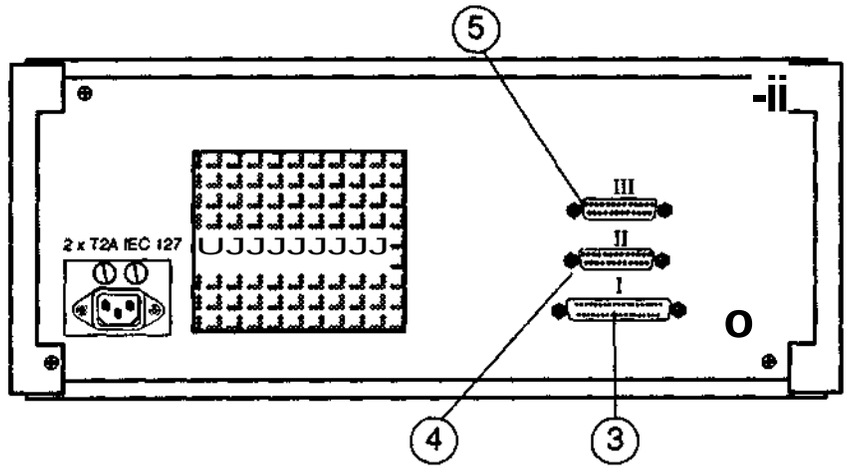
- **Pfeil 9 leuchtet permanent:**

  Die MeBwelle ist axial nach unten ausgelenkt. Eine Messung kann nicht gestartet werden, und der Lift la" Bt sich nicht bewegen.
  Der MeBtisch kann erst dann wieder bewegt werden, wenn die durch die rote Sicherheitsanzeige gekennzeichnete Störung beseitigt ist.

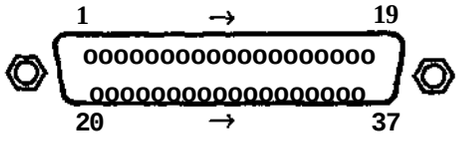
  In diesem Fall müssen die MeBplatte (MeBbecher) und danach der Rotor (Platte Oder Kegel) gelb'st werden, um die MeBplatte zusammen mit dem geiösten Rotor "krSftefrei" mit dem Lift nach unten fahren zu können. Der MeBkegel bzw. die obere Platte lassen sich dann von Hand seitlich verschieben und damit von der unteren MeBplatte trennen.

☞ Das Ansprechen der Sicherheitsanzeigen schaltet die Gerätefunktionen *AutoGap* und *ThermoGap* ab!

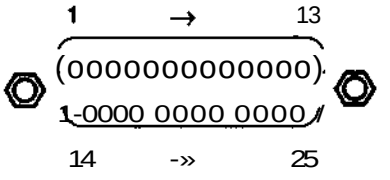
13. Stecker-Beiegung



③ MeBsystem - AnschluB, Buchse I

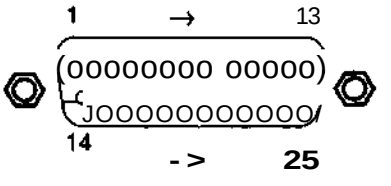


Pin:	Signalart:
1	MeBantrieb U1
2	MeBantrieb U2
3	MeBantrieb V1
4	MeBantrieb V2
5	MeBantrieb W1
6	MeBantrieb W2
7	+28 V
8	Signalmasse Analog 1
9/12/13	Signalmasse GND
10	Tx D MeBgerät
11	CTS MeBgerät
14/15	NC
16	Winkelsensor - 2
17	Winkelsensor-GND
18	Winkelsensor - 0
19	Winkelsensor -1 /
20	MeBantrieb U1
21	MeBantrieb U2
22	MeBantrieb V1
23	MeBantrieb V2
24	MeBantrieb W1
25	MeBantrieb W2
26	-28 V
27/30/31	+5V
28	R x D MeBgerät
29	RTS MeBgerät
32/33	NC
34	Winkelsensor -1
35	Winkelsensor - 0 /
36	Winkelsensor - +5 V
37	Winkelsensor-2/



④ RS232 - PC, Buchse II

Pin:	Signalart:
1	NC
2	R x D
3	T x D
4	CTS
5	RTS
6	DSR
7	Signalmasse
8	NC
9	+5V
10-25	NC

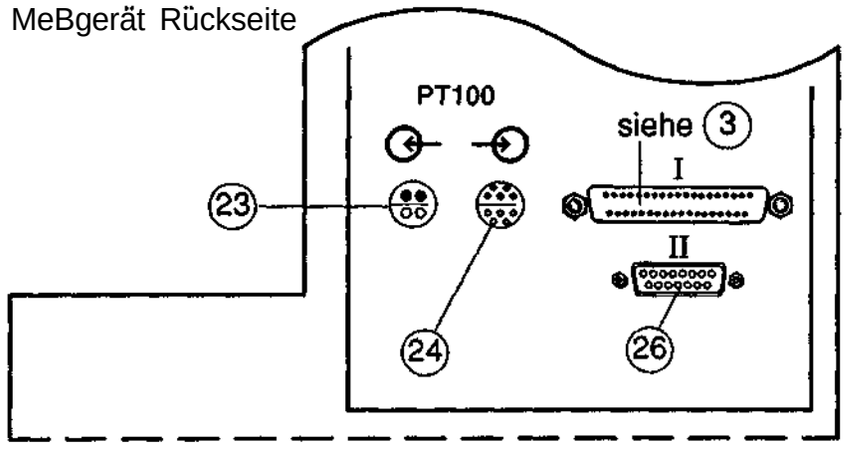


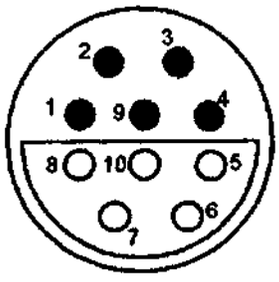
⑤ RS232 - Steuerung, Buchse III Externgerät 1

Pin:	Signalart:
1	**NC**
2	**T x D**
3	**R x D**
4	**RTS**
5	CTS
6	DSR
7	Signalmasse
8	NC
9	+5V
10-25	NC

Stecker-Belegung

MeBgerät Rückseite

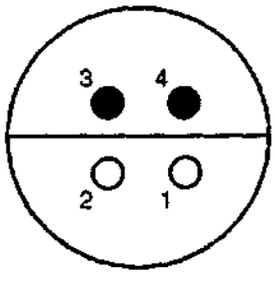




(24) Flüssig-Temperiereinheit - AnschluB Buchse Pt100

Pin: Signalart:

1	**Pt100-1** (+I)	PT100
2	**Pt100-1** (+U)	
3	**Pt100-1** (-U)	
4	**Pt100-1** (-I)	
5	Pt100-2 (+I)	PT100
6	Pt100-2 (+U)	
7	Pt100-2 (-U)	
8	Pt100-2 (-I)	

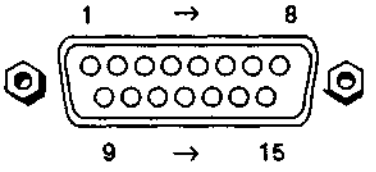


(§) PT100 Ausgang für Extern-Regelung
(PT100-2 von Buchse @ wird auf Buchse (23) durchgeschleift).

Pin: Signalart:

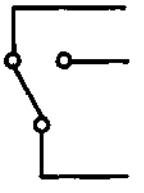
1	Pt100-2 (+I)	PT100
2	Pt100-2 (+U)	
3	Pt100-2 (-U)	
4	Pt100-2 (-I)	

Stecker-Belegung



(26) Ext. Signaleingang und Digitalausgang

1	OV	Bezugspotential
2	+5V	Versorgungsspannung Ausgang max. 100mA
9	0-10V	DC Signaleingang



4 Relaiskontakt fiffnen

12 Relaiskontakt schlieQen

5 Relaiskontakt Mitte

14. Technische Spezifikationen

Die technischen Spezifikationen mit den zugelassenen Abweichungen Oder Auflćteungen sind wie folgt:

Modell	**RT20**	**RS75**	**RS150**
CE-Zertifikation	ja	ja	ja
max. Drehmoment (mNm)	100	100	150
min. Drehmoment (mNm)	$8\text{-}10^{-2}$	10^{-3}	$0{,}5\text{-}10^{-4}$
max. Drehzahl (min^{-1})	1000	600	1200
min. Drehzahl (min^{-1}) CR	0,1	0,1	0,01
min Drehzahl (min^{-1}) CS	IO^{-6}	10^{-7}	10^{-7}
min. Frequenz (Hz)	0,001	0,0001	0,0001
max. Frequenz (Hz)	40	100	100
Anzahl Impulse	$0{,}5\text{-}10^{6}$	10^{6}	107
Winkelauflösung (rad)	$3\text{-}10^{-5}$	6-10-6	$6\text{-}10^{-7}$
AutoGap	ja	ja	ja
ThermoGap	ja	ja	ja
Multiwave	ja	ja	ja
Normal Kraft	ja	ja	ja
Trägheitskorrektur	ja	ja	ja
Positionskorrektur	Option	Option	Option